Órgano de Difusión de Investigación
Científica, Tecnológica y Humanística

CienciaUAT

Registro 2007-7858

VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

VOLUMEN 20
NÚMERO 2
ENE-JUN
2026

Insatisfacción corporal desde la infancia:
imagen corporal percibida vs imagen corporal deseada

Efectos del magnesio en los procesos cognitivos

Obesidad posmenopaúsica asociada con factores que desarrollan el cáncer de mama

Portada elaborada a partir de fotografía de Canva educativo

INFORMACIÓN PARA EL MUNDO DESDE TU UNIVERSIDAD

www.revistaciencia.uat.edu.mx

e-mail: cienciauat@uat.edu.mx

Directorio

MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado

Rector
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. María Concepción Placencia Valadez

Secretaria General

Dra. Evelia Resendiz Balderas

Secretaria de Investigación y Posgrado

Dra. Rosa Issel Acosta González

Secretaria Académica

Dra. Dora María Lladó Lárraga

Secretaria Técnica del Consejo de Publicaciones
Dirección de Investigación

CienciaUAT. Año: 2026, Volumen: 20, Número: 2, enero-junio. 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. 2962. Página web: https://revistaciencia.uat.edu.mx y correo electrónico: cienciauat@uat.edu.mx. Editor responsable: Dr. José Alberto Ramírez de León. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-053110082800-203, 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: 13 de octubre de 2026.

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,

Es un placer entregar este nuevo número de CienciaUAT, el cual contiene información valiosa e interesante generada por investigadores de diversas instituciones académicas.

En el área de Medicina y Ciencias de la Salud, se describen algunas características especiales presentes en la estructura genética de los virus, denominadas G-cuádruples y su posible utilización para fines terapéuticos. También, en consideración a que el estado nutricional de los menores y su alimentación en el entorno escolar se ha vuelto una importante política pública de salud en México, se determina el contenido nutricional del alimento que los niños llevan a la escuela en sus loncheras. Además, se analiza la importancia de un abordaje metabólico-hormonal integral para la prevención del cáncer de mama, en especial por su asociación con la obesidad y la desregulación estrogénica en la posmenopausia. Asimismo, se establece la importancia que tiene el tiempo de pinzado del cordón umbilical para evitar complicaciones de salud que ponen en riesgo la vida del recién nacido. Finalmente, se reporta la importancia del magnesio en la salud mental con un enfoque preventivo en el desarrollo de depresión, ansiedad, trastornos del sueño y deterioro cognitivo.

En el área de Humanidades y Ciencias de la Conducta se destaca la prevalencia de sintomatología depresiva en estudiantes universitarios, la importancia de su detección temprana y la necesidad de desarrollar programas de atención. Se establece que la insatisfacción corporal se ha vuelto un problema serio que alcanza las comunidades rurales, lo que demanda la implementación de intervenciones preventivas y sensibles para este grupo poblacional. También se reportan las propiedades psicométricas de instrumentos adaptados culturalmente para evaluar la percepción social del acoso sexual laboral, en trabajadores y trabajadoras agrícolas de origen mexicano, tanto en México como en Estados Unidos de América (EUA).

En el área de Ciencias Sociales se analizan los diversos departamentos que existen en Perú, y establecen una asociación predictiva entre actividades delictivas y la mortalidad de la actividad empresarial. Asimismo, se establece que en el desarrollo de redes de procesos organizacionales en un entorno educativo, la robustez de la red está determinada más por la forma en que se estructuran e interconectan los procesos, que por la jerarquía formal de los puestos laborales. Además, se desarrolló un modelo, utilizando aprendizaje automático y basado en datos administrativos para complementar los métodos tradicionales de valuación que se emplean en la estimación de valores de referencia de financiamiento hipotecario en México.

En el área de Ingenierías se desarrolló y validó un algoritmo estadístico para traducir vocablos de la lengua indígena hñähñu (otomí) al español, buscando coadyuvar a su preservación y estudio.

Esperamos que disfruten y compartan el conocimiento contenido en esta edición.

Verdad, Belleza, Probidad

MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
Rector
Universidad Autónoma de Tamaulipas

COMITÉ EDITORIAL

CienciaUAT

EDITOR RESPONSABLE

Dr. José Alberto Ramírez de León (SNI III)
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
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
Dra. Elisa Serviere Zaragoza (SNI III)
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., México
Dr. Enrique Richard
Universidad San Gregorio de Portoviejo, Calceta, Manabí, Ecuador
Dr. Enrique Ruíz 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 III)
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 III)
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

Dr. Aldo Fidel Izaguirre Hernández (SNI I)
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 II)
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 Bacardí 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 III)
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 III)
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

Dra. Aidé Aracely Maldonado Macías (SNI III)
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
Dr. Antonio Hidalgo Nuchera
Universidad Politécnica de Madrid, España
Dra. Cirila Quintero Ramírez (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 III)
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Guadalupe Correa Cabrera
George Mason University, Estados Unidos
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 Arteche
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 Menduiña
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 III)
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
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 Ángel 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 III)
Instituto Tecnológico de Tepic, México
Dr. Netzahualcoyotl Mayek Pérez (SNI III)
Universidad Autónoma de Tamaulipas, México
Dra. Rocío Margarita Uresti Marín (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 Arrioja (SNI III)
Centro de Investigaciones en Óptica, México
Dr. Marco Antonio Panduro Mendoza (SNI III)
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

ÍNDICE / TABLE OF CONTENTS

VOL. 20 No. 2: ENERO-JUNIO 2026

CienciaUAT

MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

06 Función del magnesio en la salud mental: revisión de la evidencia sobre la depresión, ansiedad, sueño y cognición
The role of magnesium in mental health: A literature review on depression, anxiety, sleep, and cognition
Evelyn Velázquez-Gómez
Alejandro Pérez-Larios
Monserrat Macías-Carballo

24 Obesidad, desregulación estrogénica y riesgo de cáncer de mama en mujeres posmenopáusicas: revisión sistemática con síntesis narrativa crítica
Obesity, estrogenic dysregulation, and breast cancer risk in postmenopausal women: A systematic review with critical narrative synthesis
Paulina Quezada-Rodríguez
Imelda Julissa Mendoza-Espino
Erika Yanet Portillo-Siqueiros
Blanca Gladiana Beltrán-Piña

52 Calidad nutricional de las loncheras y su relación con su estado nutricional en escolares de Reynosa, México
Nutritional quality of school lunches and its relationship with the nutritional status of schoolchildren in Reynosa, Mexico
SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo
Ocairi Almanza-Cruz
Octelina Castillo-Ruíz

67 Estructuras G-cuádruples en genomas virales: prometedoras dianas moleculares para fines terapéuticos
G-quadruplex structures in viral genomes: Promising molecular targets for therapeutic purposes
Joseline Ontiveros-Euán
Stefano Decle-Carrasco
Nuvia Kantún-Moreno

82 Pinzamiento tardío del cordón umbilical y desenlaces clínicos en recién nacidos pretérmino: ensayo piloto aleatorizado
Delayed umbilical cord clamping and clinical outcomes in preterm newborns: a randomized pilot trial
Oscar Manuel Berlanga-Bolado
Patricia Rivera-Vázquez
Mariana Rodríguez-Reyna
Luis Fernando Cardenas-Martinez

HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA CONDUCTA

95 Insatisfacción corporal en escolares: identificación de factores asociados en dos comunidades rurales de Guerrero, México
Body Dissatisfaction in schoolchildren: identification of associated factors in two rural communities of Guerrero, Mexico
Rosa Iris Balbuena-Hernández
Grissel Deloya-Hernández
Danny Wilson Sanjuanelo-Corredor
Ana Itzel Casarrubias-Jaimez

111 Prevalencia y caracterización de la sintomatología depresiva en estudiantes universitarios
The prevalence and characterization of depressive simptomatology in university students
César Antonio Tapia-Varela
José Raúl Tapia-Varela
Erika Jazmín Bañuelos-Ramírez

127 Estructura factorial e invarianza de medida en escalas adaptadas de percepción del acoso sexual laboral en trabajadores agrícolas de origen mexicano
Factor Structure and measurement invariance of adapted scales of workplace sexual harassment perceptions among agricultural workers of mexican origin
María Elena Rivera-Heredia
Kimberly Y. Prado
Fabiola González-Betanzos
Stephen A. McCurdy

CIENCIAS SOCIALES

145 Relación de la delincuencia en la mortalidad de negocios y empresas en el Perú. Análisis econométrico
Impact of crime on business and company mortality in Peru. An econometric analysis
Juan Celestino León-Mendoza

163 Robustez y vulnerabilidad en redes de procesos organizacionales: una aproximación sistémica para una gestión estratégica
Robustness and vulnerability in organizational process networks: a systemic approach for strategic management
Carmen Hernández-Cansino
Gustavo Carreón-Vázquez
Alejandra Elizabeth Urbiola-Solís
Graciela Carrillo-González

180 Estimación de valores de referencia de financiamiento hipotecario en México mediante aprendizaje automático: modelo basado en datos administrativos del SNIIV (2016 a 2025)
Estimation of mortgage financing reference values in Mexico using machine learning: model based on SNIIV administrative data (2016 to 2025)
Fabián Espinoza-Garza
Yobani Martínez-Ramírez
Alan Ramírez-Noriega

INGENIERÍAS

200 Algoritmo estadístico para el aprendizaje en redes neuronales para la traducción hñähñu-español
Statistical algorithm for learning in neural networks for the hñähñu-spanish translation
José Manuel Cruz-Olguín
Salvador Santos-Romero
Virgilio López-Morales
Manuel Alejandro Ojeda-Misses

Portada elaborada a partir de fotografías de Canva educativo

Imágenes de Canva educativo

Función del magnesio en la salud mental: revisión de la evidencia sobre la depresión, ansiedad, sueño y cognición

The role of magnesium in mental health: A literature review on depression, anxiety, sleep, and cognition

Evelyn Velázquez-Gómez[1], Alejandro Pérez-Larios[2], Monserrat Macías-Carballo[3]*

RESUMEN

El magnesio a nivel del sistema nervioso central, desempeña funciones cruciales en la transmisión sináptica y la modulación de neurotransmisores. El objetivo del presente trabajo fue analizar la evidencia científica actual sobre el papel del magnesio en la salud mental y su relación con trastornos y tratamientos de alteraciones mentales. La metodología de la presente revisión narrativa se basó en la búsqueda de información en las bases de datos PubMed y ScienceDirect, abarcando el periodo de febrero de 2015 a agosto de 2025, complementada con un rastreo retrospectivo de referencias usando Google Académico como apoyo. Se seleccionaron e incluyeron 65 artículos (estudios clínicos y revisiones) que evaluaron el impacto del mineral en la depresión, ansiedad, sueño y cognición, como también un documento técnico del Instituto Nacional del Cáncer y otro documento técnico del Instituto Nacional de Salud. La literatura demuestra una asociación entre la deficiencia de magnesio con el desarrollo de depresión, ansiedad, trastornos del sueño y deterioro cognitivo, mientras que su suplementación muestra efectos beneficiosos en la prevención y tratamiento de estas alteraciones. En conjunto, el magnesio representa una estrategia complementaria prometedora en el abordaje de la salud mental, respaldado por su capacidad para modular vías neurobiológicas clave; sin embargo, se requieren dosis estandarizadas para optimizar su uso clínico.

PALABRAS CLAVE: magnesio, salud mental, depresión, ansiedad, declive cognitivo.

ABSTRACT

Magnesium in the central nervous system, performs crucial functions in synaptic transmission and the modulation of neurotransmitters. The objective of this study was to analyze the current scientific evidence regarding the role of magnesium in brain physiology and its relationship to disorders and treatment of mental disorders. The methodology of this narrative review was based on a search of the PubMed and ScienceDirect databases, covering the period from February 2015 to August 2025, supplemented by a retrospective reference search using Google Scholar. A total of 65 articles (clinical studies and reviews) that evaluated the mineral's impact on depression, anxiety, sleep, and cognition, as well as a technical report from the National Cancer Institute and another technical report from the National Institutes of Health were selected and included. The literature demonstrates an association between magnesium deficiency and the development of depression, anxiety, sleep disorders, and cognitive impairment, while magnesium supplementation shows beneficial effects in the prevention and treatment of these conditions. Overall, magnesium represents a promising complementary strategy in addressing mental health, supported by its ability to modulate key neurobiological pathways; however, standardized doses are required to optimize its clinical use.

KEYWORDS: magnesium, mental health, depression, anxiety, cognitive decline.

***Correspondencia:** monserrat.macias@cualtos.udg.mx**/Fecha de recepción:** 4 de noviembre de 2025**/Fecha de aceptación:** 19 de agosto de 2026**/Fecha de publicación:** 25 de agosto de 2026.

[1]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos, Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, C. P. 47620. [2]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos, Departamento de Ingenierías, Laboratorio de Investigación en Nanocatálisis, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, C. P. 47620. [3]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos, Departamento de Ciencias de la Salud, Instituto de Investigación en Biociencias, Av. Rafael Casillas Aceves núm. 1200, C. P. 47620, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

 ISSN 2007-7858. 20(2): 06-23 (Ene-Jun 2026) CC BY NC SA https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2070

INTRODUCCIÓN

El ion magnesio (Mg^{2+}) es un catión intracelular esencial que, históricamente, ha sido valorado en la práctica clínica por sus amplias aplicaciones terapéuticas, abarcando desde el manejo de trastornos gastrointestinales y cardiovasculares, hasta la prevención de la eclampsia (Bautista-Charry, 2024; Leenders y col., 2021; Noordam y col., 2019; van-Winden y col., 2024). Sin embargo, en las últimas décadas, el enfoque se ha dirigido con particular interés hacia su papel crítico en el sistema nervioso central (SNC). A nivel neurológico, el Mg^{2+} es un modulador indispensable de la excitabilidad neuronal y la plasticidad sináptica, actuando como antagonista fisiológico de los receptores de N-metil-D-aspartato (NMDA) y como agonista del sistema inhibidor del ácido γ-aminobutírico (GABA) (Wang y col., 2018). Además, desempeña un papel central en la regulación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HPA) y en la modulación de respuestas neuroinflamatorias, mecanismos que lo vinculan estrechamente con la fisiopatología del estrés, la regulación del ciclo sueño-vigilia y el mantenimiento de las funciones cognitivas (Kirkland y col., 2018; Młyniec y col., 2017).

En la actualidad, los trastornos neuropsiquiátricos (especialmente la depresión y la ansiedad) representan una creciente carga global de morbilidad, cuya prevalencia se ha visto significativamente exacerbada tras la pandemia de COVID-19 (Santomauro y col., 2021) y ha continuado en aumento en los años posteriores (Zhang y col., 2026). Este escenario ha impulsado la necesidad de identificar estrategias terapéuticas seguras y complementarias a los psicofármacos tradicionales. Paralelamente, se ha documentado que las dietas actuales con frecuencia no cubren los requerimientos diarios de magnesio, exacerbando deficiencias subclínicas que se han correlacionado clínica y epidemiológicamente con un mayor riesgo de deterioro de la salud mental (Fiorentini y col., 2021; Yary y col., 2016). Aunque la literatura respalda el potencial neuroprotector del Mg^{2+}, la evidencia actual está dispersa en estudios con resultados heterogéneos y formulaciones de distinta biodisponibilidad (Pardo y col., 2021; Schuchardt y Hahn, 2017). Dicha fragmentación dificulta un consenso claro sobre sus mecanismos y pautas de uso clínico.

El presente trabajo tuvo como objetivo recopilar y analizar la evidencia científica sobre el papel del magnesio en la salud mental, revisando sus diferentes formas de suplementación y su posible aplicación en alteraciones neuropsiquiátricas.

METODOLOGÍA

El alcance de esta revisión narrativa de la literatura fue integrar evidencia heterogénea sobre el papel del magnesio en distintos ámbitos de la salud mental.

La búsqueda básica se realizó en PubMed y Science Direct entre febrero de 2025 y agosto de 2025, considerando publicaciones correspondientes al periodo 2015 a 2025. Se emplearon términos MeSH y términos libres en inglés, combinados con operadores booleanos (Tabla 1). Los resultados obtenidos en cada base de datos correspondieron al número inicial de registros recuperados. Posteriormente, se realizó una selección mediante revisión de título, resumen y texto completo conforme a los criterios establecidos.

Los criterios de inclusión fueron: artículos clínicos, preclínicos y observacionales, revisiones narrativas o sistemáticas, así como documentos técnicos oficiales relacionados con fisiología del magnesio, biodisponibilidad, suplementación o su asociación con depresión, ansiedad, sueño y cognición. Se consideraron publicaciones en español o inglés con disponibilidad de texto completo. Se excluyeron estudios enfocados en aplicaciones no relacionadas con salud humana, publicaciones sin acceso al texto completo y documentos en idiomas distintos al español o inglés.

Adicionalmente, se realizó una búsqueda retrospectiva de referencias mediante el rastreo de citas de artículos clave, con la finalidad de localizar artículos de investigación y documen-

Tabla 1. Relación de términos de búsqueda para las 3 bases de datos utilizadas.
Table 1. List of search terms for the 3 databases used.

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Resultados obtenidos
PubMed	("Magnesium"[Mesh]) AND ("Depression"[Mesh] OR "Depressive Disorder"[Mesh])	44
	("Magnesium"[Mesh]) AND ("Anxiety"[Mesh])	14
	("Magnesium"[Mesh]) AND ("Sleep"[Mesh] OR sleep)	56
	("Magnesium"[Mesh]) AND ("Cognition"[Mesh] OR cognition OR memory)	153
	("Dietary Supplements"[Mesh]) AND Magnesium	629
	("Magnesium"[Mesh]) AND (bioavailability OR absorption)	271
	("Magnesium Deficiency"[Mesh] OR hypomagnesemia OR hypermagnesemia) AND (human OR serum)	1 362
	(magnesium) AND (NMDA OR GABA OR neuroinflammation OR HPA axis)	242
ScienceDirect	"mental health" AND (Supplement OR supplementation) AND ("magnesium glycinate" OR "magnesium citrate" OR "magnesium L-threonate" OR "magnesium taurate" OR "magnesium oxide")	29
	(magnesium OR "magnesium deficiency" OR "magnesium supplementation") AND (depress* OR anxiety OR "mood disorders" OR sleep OR cognition)	2 767

tos técnicos relacionados con criterios clínicos de hipo- e hipermagnesemia, utilizándose Google Académico como herramienta de apoyo.

Durante el proceso de evaluación y aceptación del documento, por recomendación de evaluadores y editores, se incorporaron dos nuevos artículos a la lista de trabajos (Lopresti y Smith, 2026; Zhang y col., 2026) e información actualizada del Instituto Nacional de Salud (NIH, 2026). De las referencias evaluadas durante el proceso de búsqueda, se incluyeron finalmente 65 artículos, un documento técnico del Instituto Nacional del Cáncer (NCI, por sus siglas en inglés: National Cancer Institute) y otro documento técnico del Instituto Nacional de Salud (NIH por sus siglas en inglés, National Institutes of Health).

Bioquímica del magnesio

El Mg^{2+} es el segundo catión intracelular más abundante en los seres vivos. Forma parte fundamental del metabolismo celular al constituir complejos con nucleótidos fosfato, estabilizando su estructura, involucrándolo así tanto en múltiples reacciones bioquímicas como en procesos metabólicos como la glucólisis, fosforilación oxidativa, transporte de iones transmembranal, transducción de señales y síntesis y polimerización de proteínas y ácido desoxirribonucleico (ADN) (Fiorentini y col., 2021; Kröse y de-Baaij, 2024; Mudryk y col., 2024; van-Laecke, 2024).

Existen algunas enzimas que requieren Mg^{2+} para su funcionamiento, como lo son la ATP sintasa mitocondrial, Na^{+}/K^{+}-ATPasa, adenilato ciclasa, hexoquinasa, creatina quinasa, fosfofructoquinasa, tirosina quinasa, entre muchas otras, de las cuales dependen gran variedad de procesos celulares (Gröber y col., 2015). El Mg^{2+} también regula la contracción de las células musculares esqueléticas, al actuar como antagonista del calcio, regulando así la contracción del sarcómero (Zocchi y col., 2023). Además, también influye en la función tiroidea al mejorar la captación de yodo y afectar los niveles de hormona estimulante de la tiroides (Mon-

cayo y Moncayo, 2015). Para garantizar todas esas funciones intracelulares sistémicas, y particularmente la alta demanda metabólica del SNC, el organismo mantiene una homeostasis estricta de este mineral, la cual depende directamente de sus mecanismos de absorción, distribución y excreción (Kröse y de-Baaij, 2024).

Absorción, distribución y eliminación del magnesio

El contenido corporal total de Mg^{2+} en un adulto sano oscila entre 20 g y 28 g, distribuyéndose principalmente en los compartimentos óseo (50 % a 60 %) y muscular (34 % a 39 %), mientras que menos del 2 % circula en el espacio extracelular, donde la fracción ionizada (55 % a 70 %) constituye la única forma biológicamente activa (Kröse y de-Baaij, 2024; van-Laecke, 2024). En condiciones basales, el intestino absorbe entre el 30 % y el 50 % del magnesio ingerido (porcentaje que aumenta hasta el 80 % en estados de depleción sistémica) mediante dos mecanismos complementarios: una vía paracelular pasiva, responsable del 90 % de la captación total en el intestino delgado y regulada por las claudinas -2, -7 y -12 (Angelow y col., 2008); y una vía transcelular activa en el ciego y colon, mediada en su polo luminal por el complejo heterotetramérico TRPM6/TRPM7, y en su polo basolateral por la proteína de extrusión CNNM4 (Kröse y de-Baaij, 2024; Schlingmann y col., 2007). Por su parte, la homeostasis a largo plazo está condicionada a la función renal, donde diariamente se filtran 2.4 g de Mg^{2+} reabsorbiéndose cerca del 95 % a lo largo de la nefrona mediante un gradiente segmentario específico (Kröse y de-Baaij, 2024). Dicha reabsorción se efectúa inicialmente en el túbulo proximal de forma pasiva (20 % a 30 %) a través de las claudinas -2 y -12 (Angelow y col., 2008), seguida por la rama ascendente gruesa del asa de Henle, que media la reabsorción predominante (50 % a 70 %) a través de una vía paracelular mediada por las claudinas -16 y -19, y modulada negativamente por la claudina -14 bajo el control del receptor sensor de calcio (Kröse y de-Baaij, 2024). Finalmente, el túbulo contorneado distal determina la regulación precisa de la reabsorción terminal (5 % a 10 %) mediante el influjo activo de los heterómeros TRPM6/TRPM7 y una salida basolateral coordinada por la proteína reguladora CNNM2 y el intercambiador SLC41A3 (Kröse y de-Baaij, 2024; Schlingmann y col., 2007). La comprensión de esta red regulatoria molecular tiene implicaciones directas en la fisiopatología neuropsiquiátrica, ya que cualquier alteración o polimorfismo en dichos transportadores compromete la concentración sérica del Mg^{2+}, limitando su transporte activo a través de la barrera hematoencefálica (BHE) y favoreciendo la aparición de trastornos neuropsiquiátricos como depresión, ansiedad y deterioro cognitivo (Kirkland y col., 2018).

Fuentes de obtención de magnesio

Para interpretar correctamente las diferencias entre fuentes de Mg^{2+}, es necesario distinguir tres conceptos: la bioaccesibilidad, entendida como la fracción de Mg^{2+} que se libera de la matriz alimentaria o farmacéutica en el tracto gastrointestinal y queda disponible para ser absorbida; la eficiencia de absorción, que representa la proporción de Mg^{2+} bioaccesible que atraviesa el epitelio intestinal, y que tiende a saturarse con dosis elevadas al depender principalmente de la vía transcelular activa; y la biodisponibilidad, definida como la fracción que finalmente alcanza la circulación sistémica y queda disponible para su utilización o almacenamiento tisular (Schuchardt y Hahn, 2017).

Alimentos

El organismo absorbe entre el 30 % y el 40 % del magnesio ingerido de diversas fuentes alimentarias que varían considerablemente en su bioaccesibilidad. Si bien, las verduras de hoja verde (espinaca, acelga, kale) son frecuentemente citadas como fuente de magnesio, su bioaccesibilidad real es limitada debido a la presencia de fitatos y oxalatos, compuestos antinutricionales que forman complejos insolubles con el Mg^{2+} en el tracto gastrointestinal, reduciendo su biodisponibilidad y posterior absorción (Fiorentini y col., 2021).

No obstante, las dietas basadas en plantas tienden a aportar mayor cantidad de magnesio total a través de otras fuentes como legumbres, frutos secos, semillas y cereales integrales, tendencia observada de forma consistente en distintas poblaciones y grupos etarios: en adultos españoles, la ingesta de Mg^{2+} fue significativamente mayor en veganos y lacto-ovo vegetarianos respecto a omnívoros (García-Maldonado y col., 2024); en una revisión sistemática de alcance global, las ingestas promedio fueron de 503 mg/d en veganos, 373 mg/d en vegetarianos y 302 mg/d en omnívoros (Neufingerl y Eilander, 2022); y en población infantil alemana de 1 a 3 años, esta misma tendencia se mantuvo, con 241 mg/d en niños veganos, 188 mg/d en vegetarianos y 164 mg/d en omnívoros (Weder y col., 2022). Aunque los valores absolutos varían según grupo etario, sexo y contexto geográfico, la mayor ingesta de magnesio en dietas basadas en plantas frente a las omnívoras es un hallazgo robusto. Sin embargo, este elevado aporte bruto no se traduce necesariamente en una mayor bioaccesibilidad, ya que la presencia simultánea de factores antinutricionales puede comprometerla y, con ello, limitar su absorción (Fiorentini y col., 2021).

Suplementos

Se ha corroborado que la eficiencia de absorción del Mg^{2+} es mayor cuando la dosis diaria se distribuye en tomas fraccionadas a lo largo del día, dado que la vía transcelular activa se satura con dosis elevadas, incrementándose la dependencia de la vía paracelular pasiva, menos eficiente (Schuchardt y Hahn, 2017). Este comportamiento varía considerablemente entre formas químicas (Tabla 2), donde las formas orgánicas presentan perfiles de biodisponibilidad sistémica superiores a las inorgánicas. Varios estudios coinciden en que la eficiencia de absorción de Mg^{2+} disminuye al aumentar su dosis, y su solubilidad varía según la acidez del medio (Pardo y col., 2021).

Los suplementos de magnesio en formas inorgánicas presentan diferencias notables en su solubilidad y aplicaciones clínicas, mientras que las formas orgánicas de magnesio ofrecen perfiles de efectos secundarios más favorables y biodisponibilidad superior para tejidos específicos (Tabla 2).

Trastornos de la concentración de magnesio

Cuando no se alcanzan los valores recomendados de ingesta diaria de magnesio (Tabla 3), o cuando se exceden significativamente, pueden desarrollarse trastornos de déficit o exceso con manifestaciones clínicas variables según su severidad (Tabla 4).

Rol del magnesio en trastornos de salud mental

Los niveles adecuados de Mg^{2+} cumplen un papel fundamental en el funcionamiento del SNC (Wang y col., 2018), ya que participa en procesos como la transmisión nerviosa, coordinación neuromuscular, protección contra la excitotoxicidad (Kirkland y col., 2018), regulación de la transducción de señales intracelulares, así como también en el metabolismo y división celular (Shindo y col., 2020). Los mecanismos específicos a través de los cuales el Mg^{2+} ejerce estas funciones, así como las consecuencias de su deficiencia, se detallan en la Tabla 5.

Depresión

El Mg^{2+} puede desempeñar un papel clave en la prevención y manejo de la depresión a través de múltiples mecanismos. Participa en la neurotransmisión de serotonina y otras monoaminas y actúa como cofactor en la síntesis de neurotransmisores esenciales, tales como ácido γ-aminobutírico (GABA) y glutamato (Yary y col., 2016).

La combinación de niveles bajos de Mg^{2+} con niveles elevados de calcio y glutamato en el hipocampo puede desencadenar cambios en el funcionamiento de la sinapsis, contribuyendo al desarrollo de trastornos mentales. Además de regular la homeostasis celular, el Mg^{2+} también regula varias rutas neurobiológicas asociadas a la depresión, como la activación de receptores ácido α-amino-3-hidroxi-5-metilo-4-isoxazolpropiónico (AMPA) y la modulación de la proteína quinasa C (PKC), contribuyendo a una eficiente sinapsis, mejorando la comuni-

 CienciaUAT. 20(2): 06-23 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2070

Tabla 2. Comparativa de suplementos de magnesio: absorción, penetración cerebral y usos clínicos.
Table 2. Comparison of magnesium supplements: absorption, brain penetration, and clinical uses.

Forma química	Perfil de absorción	Capacidad estimada de penetración en SNC	Aplicaciones clínicas	Referencias
Formas inorgánicas				
Óxido de magnesio (MgO)	Muy baja (~4 %). Posee mayor Mg^{2+} por peso (~60 %) pero menor bioaccesibilidad y eficiencia de absorción efectiva	182.9 ± 1.5 mg/g de tejido cerebral a las 8 h en modelo animal; por debajo del control sin suplementación (189.3 ± 1.6 mg/g), sin diferencia estadísticamente significativa	Laxante osmótico, déficit de Mg^{2+}, antiácido	Boyle y col. (2017), Mori y col. (2021), Uysal y col. (2019)
Cloruro de magnesio ($MgCl_2$)	Moderada-alta (~9 % a 11 %), mejor biodisponibilidad inorgánica por alta solubilidad acuosa	Sin datos cuantitativos directos en SNC disponibles en la literatura consultada; penetración estimada como moderada con base en propiedades fisicoquímicas	Déficit de Mg^{2+}, trastornos neurológicos	Pardo y col. (2021), Tarleton y col. (2017)
Formas orgánicas				
Citrato de magnesio	Moderada-alta; puede tener efecto laxante leve a dosis altas	198.8 ± 7.1 mg/g de tejido cerebral a las 8 h en modelo animal; superior al control, pero sin diferencia estadísticamente significativa	Estreñimiento, cálculos renales, calambres musculares	Boyle y col. (2017), Pardo y col. (2021), Uysal y col. (2019)
Glicinato de magnesio	Alta; elevada eficiencia de absorción mediada por transportador; mínimo efecto laxante	Sin datos cuantitativos directos en SNC disponibles en la literatura consultada; la glicina libre cruza la barrera hematoencefálica (BHE) de forma independiente, lo que se estima potencia la disponibilidad del Mg^{2+} en SNC	Ansiedad, insomnio, suplementación, fibromialgia	Sultana y col. (2025)
Taurato de magnesio	Alta; la taurina potencia su distribución en tejidos y facilita su llegada al SNC	Sin datos cuantitativos directos en SNC disponibles en la literatura consultada; se estima que la taurina facilita el acceso al SNC mediante transportadores específicos; evidencia directa del complejo en humanos limitada	Hipertensión, arritmias, ansiedad, deterioro cognitivo	Shrivastava y col. (2018), Uysal y col. (2019)

Continúa...

L-treonato de magnesio (MgT)	Alta sistémica; bajo Mg^{2+} por cápsula; optimizado para distribución tisular cerebral	Sin datos cuantitativos directos, se estima que es alta; diseñado para cruzar BHE; eleva concentraciones en líquido cefalorraquídeo y parénquima cerebral	Deterioro cognitivo leve, Alzheimer, memoria, sueño	Hausenblas y col. (2024), Lopresti y Smith (2026)
Malato de magnesio	Alta y sostenida; el malato prolonga el tiempo que el magnesio permanece en sangre	180.6 ± 3.9 mg/g de tejido cerebral a las 8 h en modelo animal; similar al control y sin diferencia estadísticamente significativa	Déficit de Mg^{2+} con necesidad de reposición prolongada, fatiga	Uysal y col. (2019)
Magnesio acetil taurinato	Muy alta; carácter lipofílico que favorece su distribución sistémica y tisular	216.9 ± 2.9 mg/g de tejido cerebral a las 8 h en modelo animal; mayor concentración cerebral entre todas las formas evaluadas; cruce eficiente de BHE confirmado	Estrés; ansiedad; síndrome premenstrual; deterioro cognitivo	Fassin y col. (2020), Hosgorler y col. (2020), Uysal y col. (2019)

Nota. El perfil de absorción integra la bioaccesibilidad (fracción liberada de la matriz en el tracto gastro intestinal), la eficiencia de absorción intestinal y, cuando aplica, la distribución tisular.
Los datos cuantitativos de concentración cerebral provienen de modelos animales (Fassin y col., 2020; Hosgorler y col., 2020; Uysal y col., 2019); datos directos en humanos no están disponibles en la literatura actual. Las formas con evidencia más sólida de penetración en el Sistema Nervioso Central (SNC) son el L-treonato de magnesio (Hausenblas y col., 2024; Hosgorler y col., 2020; Lopresti y Smith, 2026) y el magnesio acetil taurinato (Fassin y col., 2020). Para las demás formas, la penetración se estima con base en propiedades fisicoquímicas del ligando y no cuenta con datos cuantitativos directos en humanos.

Tabla 3. Ingesta de magnesio recomendada (mg).
Table 3. Recommended magnesium intake (mg).

Grupo de edad	Hombres	Mujeres	Embarazo	Lactancia
0 a 6 meses	30*	30*	-	-
7 a 12 meses	75*	75*	-	-
1 a 3 años	80	80	-	-
4 a 8 años	130	130	-	-
9 a 13 años	240	240	-	-
14 a 18 años	410	360	400	360
19 a 30 años	400	310	350	310
31 a 50 años	420	320	360	320
51 años o más	420	320	-	-

*Nota: Los valores corresponden a la Ingesta Dietética de Referencia (RDA, por sus siglas en inglés: Recommended Dietary Allowance) establecida por el Consejo de Nutrición y Alimentos (Food and Nutrition Board) de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine) (EE. UU.), a excepción de los grupos de 0 a 6 meses y 7 a 12 meses, cuyos valores representan la Ingesta Adecuada (AI, por sus siglas en inglés: adequate intake), dado que la evidencia disponible es insuficiente para determinar una RDA en estos grupos de edad.
Fuente: National Institutes of Health/Office of Dietary Supplements (2026).

Tabla 4. Clasificación de las alteraciones del magnesio sérico (Hipomagnesemia e Hipermagnesemia): severidad, clínica y etiología.
Table 4. Classification of serum magnesium imbalances (Hypomagnesemia and Hypermagnesemia): severity, clinical manifestations, and etiology.

Trastorno	Grado (CTCAE[1])	Concentración sérica	Manifestaciones clínicas	Etiología	Complicaciones
Hipomagnesemia	Grado 1	< LLN[2] – 1.2 mg/dL < LLN – 0.5 mmol/L	Debilidad, pérdida de apetito, fatiga, náuseas, vómito	Ingesta insuficiente, pérdidas gastrointestinales o renales excesivas	Trastornos neurológicos, psiquiátricos y metabólicos subclínicos
	Grado 2	< 1.2 mg/dL a 0.9 mg/dL < 0.5 mmol/L a 0.4 mmol/L	Contracciones y calambres musculares, entumecimiento, cambios de personalidad	Malabsorción intestinal, uso de diuréticos, alcoholismo	Arritmias cardiacas, alteraciones del ritmo
	Grado 3	< 0.9 mmol/L a 0.7 mg/dL < 0.4 mmol/L a 0.3 mmol/L	Espasmos coronarios, arritmias cardiacas, convulsiones	Enfermedad renal, hiperaldosteronismo, diarrea crónica	Hipocalcemia, hipopotasemia (alteración de la homeostasis mineral)
	Grado 4	< 0.7 mg/dL < 0.3 mmol/L	Manifestaciones potencialmente mortales	Depleción severa por causas combinadas	Paro cardiaco, muerte
Hipermagnesemia*	Grado 1	> ULN[3] – 3.0 mg/dL > ULN – 1.23 mmol/L	Generalmente asintomático	Disminución de excreción renal, aumento de absorción intestinal o consumo excesivo de Mg^{2+}	Riesgo de progresión si persiste la causa subyacente
	Grado 3	> 3.0 mg/dL a 8.0 mg/dL > 1.23 mmol/L a 3.30 mmol/L	Hipotensión, náuseas, vómito, enrojecimiento facial, retención urinaria, íleo, depresión, letargo; pérdida de reflejos tendinosos profundos	Insuficiencia renal con exposición a fuentes exógenas de Mg^{2+} (antiácidos, catárticos, suplementos)	Depresión cardiorrespiratoria, bloqueo neuromuscular
	Grado 4	> 8.0 mg/dL > 3.30 mmol/L	Parálisis muscular flácida, depresión respiratoria, paro cardiaco	Insuficiencia renal grave; ingesta masiva de Mg^{2+} exógeno	Coma, muerte

[1]CTCAE: Criterios de Terminología Común para Eventos Adversos (Common Terminology Criteria for Adverse Events); [2]LLN: Límite inferior de la normalidad (lower limit of normal); [3]ULN: l Límite superior de la normalidad (upper limit of normal). *El Grado 2 de hipermagnesemia no aplica según la clasificación CTCAE v3.0. Fuente: Modificado a partir de Clark y Brown (1992), International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (1999), Fiorentini y col. (2021), Musso (2009) y National Cancer Institute (2006).

Tabla 5. Funciones del magnesio en el Sistema Nervioso Central.
Table 5. Magnesium functions in the Central Nervous System.

Nivel	Función	Mecanismo	Consecuencias de la deficiencia
Extracelular	Bloqueo y regulación de receptores NMDA[1]	Previene la activación excesiva de NMDAr[2] mediante bloqueo voltaje-dependiente del canal iónico	Alteración de homeostasis del Ca^{2+}; potenciación a largo plazo; neurotoxicidad; trastornos afectivos; daño en hipocampo y *locus coeruleus*
Intracelular (mitocondrial)	Participación en ciclo de Krebs	Cofactor en reacciones bioquímicas del ciclo de Krebs y la cadena respiratoria	Reducción del potencial de membrana mitocondrial; disminución de adenosín trifosfato (ATP); compromiso de supervivencia celular
Nuclear	Mantenimiento de integridad de telómeros y regulación de senescencia celular	Cofactor de la telomerasa y del mantenimiento telomérico; contribuye a la estabilidad del ADN y la cromatina; participa en la arquitectura nuclear y procesos relacionados con la senescencia celular	Acortamiento telomérico acelerado; progresión hacia senescencia celular; daño en ADN[3] nuclear y mitocondrial; estrés oxidativo por disfunción energética
Neuro-transmisor	Modulación de sistemas de neurotransmisión	Participa en reacciones enzimáticas implicadas en la biosíntesis de neurotransmisores; modula los sistemas GABAérgico y noradrenérgico	Reducción en la síntesis de serotonina y melatonina; asociada a trastornos del estado de ánimo y del sueño
Endocrino	Regulación del eje HPA[4]	Modula transcripción de prepro-CRH5; reduce ACTH6 plasmática	Elevación crónica de cortisol; hipercortisolemia; efectos neurodegenerativos

[1]NMDA = N-metil-D-aspartato; [2]NMDAr = receptor de NMDA; [3]ADN = ácido desoxirribonucleico; [4]HPA = hipotalámico-pituitario-adrenal; [5]CRH = hormona liberadora de corticotropina; [6]ACTH = hormona adrenocorticotrópica. Fuente: Modificado a partir de Agnihotri y col. (2024), Aly y Engmann (2020), Maguire y col. (2018), Martínez-Cengotitabengoa y González-Pinto (2017), Ross y col. (2021), Shindo y col. (2020), Wang y col. (2018), Winther y col. (2015) y Yary y col. (2016).

cación neuronal y logrando mejorar el estado de ánimo (Górska y col., 2019).

De manera complementaria, se ha visto una relación entre el microbioma gastrointestinal y la depresión. Una deficiencia de Mg^{2+} puede reflejar una alteración en el microbioma, como también afectar los niveles de citoquinas circulantes, aumentando la cantidad de marcadores inflamatorios y desencadenando un daño neuronal, pudiendo contribuir a los síntomas de pacientes con depresión (Aly y Engmann, 2020). Winther y col. (2015) documentaron en ratones con dieta deficiente en magnesio un aumento del comportamiento depresivo, junto con alteraciones en el microbioma intestinal y elevación de marcadores inflamatorios hipocampales, sugiriendo que el eje microbiota-intestino-cerebro puede mediar el efecto del déficit de magnesio sobre la conducta. A nivel clínico, Moabedi y col. (2023) observaron en un metaanálisis de siete ensayos clínicos aleatorizados (n = 325) que la suplementación con magnesio redujo significativamente las puntuaciones de depresión en comparación con placebo (SMD = -0.919;

IC 95 %: -1.443 a -0.396; P = 0.001), aunque con una heterogeneidad considerable entre estudios (I^2 = 75.6 %). Además, ciertos factores pueden agravar la deficiencia de Mg^{2+} y potencialmente empeorar la sintomatología depresiva. Por ejemplo, el alcoholismo incrementa la excreción urinaria y disminuye la absorción intestinal de Mg^{2+} debido al efecto del etanol (Martínez-Cengotitabengoa y González-Pinto, 2017).

Los mecanismos neurobiológicos del magnesio han sido evaluados mediante diversas líneas de investigación que abarcan desde estudios preclínicos hasta ensayos clínicos en humanos. La evidencia experimental y observacional (Tabla 6), documenta tanto la asociación entre niveles de Mg^{2+} y sintomatología depresiva como los efectos de su suplementación en diferentes poblaciones y modelos experimentales. Dicha evidencia respalda el potencial terapéutico del Mg^{2+}, al comprobarse una reducción importante de las puntuaciones de depresión posterior a la suplementación de Mg^{2+} a la dieta (Hoepner y col., 2021; Moabedi y col., 2023). Sumado a ello, diversos estudios han asociado menores niveles de Mg^{2+} con mayor sintomatología depresiva, de-

Tabla 6. Evidencia científica de los mecanismos del magnesio en el tratamiento de la depresión.
Table 6. Scientific evidence of the mechanisms of magnesium in the treatment of depression.

Tipo de estudio	Población/modelo	Intervención	Resultados principales	Referencia
Experimental	Ratones con dieta deficiente en Mg	Administración de Mg^{2+}	Disminución del tiempo de inmovilidad en prueba de nado forzado	Winther y col. (2015)
Experimental	Ratones con estrés crónico leve	$MgSO_4$	Reducción de inflamación y mejora de síntomas conductuales	Wang y col. (2025)
Experimental	Ratones hembra ovariectomizadas	MgT oral crónico	Prevención de deterioro de memoria y comportamientos depresivos	Zhang y col. (2021)
Clínico	Humanos	Suplementación de Mg^{2+}	Reducción significativa de puntuaciones de depresión	Hoepner y col. (2021), Moabedi y col. (2023)
Clínico	Pacientes con depresión e ideación suicida	Medición en líquido cefalorraquídeo	Niveles reducidos de Mg	Stachowicz (2023)
Clínico	Humanos con depresión	IMI-Mg (complejo imipramina-magnesio)	Efectos superiores vs administración individual	Serefko y col. (2025)
Clínico	Humanos con depresión	Orotato de Mg + probióticos + coenzima Q10	Mejora de síntomas depresivos; efecto no se mantiene post-tratamiento	Strodl y col. (2024)
Clínico	Humanos con depresión	Fluoxetina vs Fluoxetina + Mg^{2+}	Mayor tasa de respuesta con fluoxetina + Mg; efecto potenciador del Mg	Skalski y col. (2021)
Post-mortem	Víctimas de suicidio	Análisis de corteza frontal	Concentraciones bajas de Mg^{2+}; daños por estrés oxidativo prolongado	Panczyszyn-Trzewik y col. (2023)

mostrando una proporcionalidad inversa entre ambos factores (Agnihotri y col., 2024; Devarshi y col., 2023; Martínez-Cengotitabengoa y González-Pinto, 2017; Szkup y col., 2017; Tarleton y col., 2019). Asimismo, se ha documentado que el Mg^{2+} aumenta la eficacia de los fármacos antidepresivos (Ekinci y Sanlier, 2023) ampliando su potencial aplicación no solo como monoterapia sino también como estrategia coadyuvante en el manejo farmacológico de los trastornos depresivos.

Ansiedad y estrés

El Mg^{2+} cumple un papel crucial en el sistema psiconeuroendocrino, particularmente en la modulación del eje hipotalámico-hipofisarioadrenal (HPA), considerado la vía central de respuesta al estrés. A través de su capacidad para bloquear el influjo de calcio en los receptores glutamatérgicos N-metil-D-aspartato (NMDA) y favorecer la neurotransmisión GABAérgica, el Mg^{2+} regula el equilibrio entre la excitación y la inhibición neuronal, lo que contribuye a reducir la reactividad al estrés y los estados ansiosos (Kirkland y col., 2018; Młyniec y col., 2017). Macías-Carballo y col. (2021) demostraron en ratas que la administración oral crónica de cloruro de magnesio ($MgCl_2$) redujo significativamente el comportamiento ansioso, sin efectos secundarios motores, y que dicho efecto desapareció al suspender la suplementación, lo que apoya una relación directa y reversible entre los niveles cerebrales de magnesio y la respuesta ansiosa. Asimismo, estudios observacionales en humanos han reportado una asociación entre menores niveles o ingesta de magnesio y una mayor presencia de síntomas de ansiedad (McCabe y col., 2017). Estos mecanismos y hallazgos experimentales en animales, han sido respaldados por estudios clínicos y observacionales (Tabla 7) que destacan su efecto ansiolítico. No obstante, algunos estudios clínicos incluidos (Mcbe y col., 2017 y Noah y col., 2022) emplearon formulaciones combinadas con otros compuestos bioactivos, como vitamina B6, rhodiola y L-teanina, por lo que sus efectos no pueden atribuirse exclusivamente al magnesio.

Regulación del sueño

El Mg^{2+} participa activamente en la modulación del ciclo sueño-vigilia mediante diversos mecanismos neuroendocrinos y neuroquímicos. Uno de los más relevantes es su intervención en la biosíntesis de melatonina, hormona clave en la regulación del ritmo circadiano, cuya producción se ha observado disminuida en condiciones de deficiencia de Mg^{2+}. A nivel neuroquímico, el Mg^{2+} actúa sobre el sistema GABAérgico, uniéndose a los receptores GABA y potenciando su efecto inhibitorio, lo que reduce la excitabilidad neuronal y promueve un estado de relajación general. Simultáneamente, inhibe la actividad del receptor NMDA, disminuyendo la concentración intracelular de calcio en las células musculares, lo cual contribuye a la relajación muscular y a facilitar la conciliación del sueño (Wang y col., 2018). Dicho mineral también modula de forma indirecta los niveles de cortisol, ya que su suplementación puede contribuir a la reducción de esta hormona del estrés, lo cual favorece un entorno fisiológico propicio para el inicio y mantenimiento del sueño (Zhang y col., 2022).

Un estudio longitudinal con adultos jóvenes, asoció una mayor ingesta dietética de Mg^{2+} con mayor probabilidad de dormir entre 7 h y 9 h y mejor calidad del sueño, especialmente en individuos sin síntomas depresivos (Tabla 7). Dicha evidencia observacional disponible respalda la posible participación del Mg^{2+} en la regulación del sueño mediante mecanismos endocrinos y neuroquímicos (Zhang y col., 2022), aunque se requieren estudios adicionales para esclarecer la magnitud y causalidad de estos efectos.

Aprendizaje, memoria y función cognitiva

El Mg^{2+} desempeña un papel esencial en los procesos de aprendizaje, memoria y plasticidad sináptica. Uno de sus mecanismos más relevantes es su función como antagonista fisiológico de los receptores de glutamato tipo NMDA, cuya actividad es fundamental para la potenciación a largo plazo, un proceso clave en la consolidación de la memoria (Wang y

Tabla 7. Evidencia científica sobre el uso de magnesio en el manejo de la ansiedad, el estrés y la calidad del sueño.
Table 7. Scientific evidence on the use of magnesium in the management of anxiety, stress, and sleep quality.

Tipo de estudio	Población/ modelo	Intervención	Resultados principales	Referencia
Experimental	Roedores	Suplementación oral en agua potable	Reducción significativa de comportamiento ansioso; sin efectos secundarios	Macías-Carballo y col. (2021)
Experimental	Roedores	Dieta deficiente en Magnesio	Alteraciones en *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*; cambios en conducta ansiosa	Pyndt-Jørgensen y col. (2015)
Clínico	Humanos con estrés crónico	Mg-Teadiola (Mg + vitamina B6 + rhodiola + L-teanina)	Reducción de estrés a 14 d y 28 d; menor percepción del dolor	McCabe y col. (2017), Noah y col. (2022)
Observacional	Humanos	Ingesta dietética de Magnesio	Mayor ingesta asociada con mejor calidad de sueño y duración de 7 h a 9 h; efecto mayor en individuos sin depresión	Zhang y col. (2022)
Observacional	Mujeres	Ingesta dietética de Magnesio	Mayor ingesta asociada con menor incidencia de ansiedad	Anjom-Shoae y col. (2018)

col., 2018). El Mg^{2+} actúa modulando el bloqueo dependiente de voltaje de los receptores NMDA, controlando su apertura y evitando una despolarización excesiva que, en condiciones de deficiencia, puede asociarse con mecanismos implicados en la neurodegeneración (Đurić y col., 2018; Stachowicz, 2023). Además, este mineral influye en otros componentes de la plasticidad sináptica, como la actividad de la ciclooxigenasa-2 y el papel del ácido araquidónico como mensajero retrógrado, ambos implicados en la modulación de las sinapsis excitatorias (Stachowicz, 2023).

Shindo y col. (2020) demostraron en neuronas hipocampales de rata que mantener niveles adecuados de Mg^{2+} protege contra la excitotoxicidad y favorece la formación sináptica. Zhou y col. (2020) complementaron esta evidencia al mostrar que la administración oral crónica de L-treonato de magnesio (MgT) previno el deterioro de memoria y los síntomas emocionales en ratas con déficit cognitivo inducido por quimioterapia. En humanos, Devarshi y col. (2023) encontraron que un mayor consumo de Mg^{2+} se asoció con mejor memoria, fluidez verbal y velocidad de procesamiento en adultos mayores. La relevancia de estos mecanismos (Tabla 8) ha sido demostrada en modelos experimentales (Shindo y col., 2020 y Zhou y col., 2020), hallazgos que respaldan el papel del Mg^{2+} en la función cognitiva y su potencial neuroprotector.

Limitaciones

Al tratarse de una revisión narrativa, los hallazgos presentados pueden estar sujetos a sesgos de selección e interpretación. Además,

Tabla 8. Efectos del magnesio en los procesos cognitivos: evidencia experimental y observacional.
Table 8. Effects of magnesium on cognitive processes: experimental and observational evidence.

Tipo de estudio	Población/ modelo	Intervención	Resultados principales	Referencia
Experimental	Ratas	Aumento de Mg^{2+} en líquido cefalorraquídeo	Formación de nuevas sinapsis; mejora de capacidades de reconocimiento y aprendizaje; proliferación de células madre neuronales	Shindo y col. (2020)
Experimental	Ratones con déficit cognitivo por quimioterapia	MgT oral crónico	Prevención de alteraciones de memoria y síntomas emocionales inducidos por oxaliplatino. Relacionado con la inhibición de vía TNF-α/ NF-κB	Zhou y col. (2020)
Observacional	Adultos humanos	Ingesta dietética de Magnesio	Mayor consumo asociado con mejor memoria, fluidez verbal y velocidad de procesamiento; consumo bajo asociado con menor rendimiento cognitivo	Devarshi y col. (2023)

la heterogeneidad de los estudios incluidos en cuanto a diseño, población y suplementación con magnesio limita la comparación directa y la generalización de los resultados.

CONCLUSIONES

La evidencia revisada muestra que el Mg^{2+} participa en múltiples procesos neurobiológicos relevantes para la salud mental, incluyendo la modulación de receptores NMDA, la neurotransmisión GABAérgica, la plasticidad sináptica y la regulación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal. Estos mecanismos proporcionan una base fisiológica que vincula al magnesio con la regulación del estado de ánimo, la respuesta al estrés, el ciclo sueño-vigilia y la función cognitiva. La literatura analizada muestra una asociación consistente entre concentraciones adecuadas de Mg^{2+} y una menor presencia de síntomas depresivos, siendo este el ámbito que cuenta con evidencia clínica más sólida. Por otra parte, en ansiedad, calidad del sueño y función cognitiva, los hallazgos disponibles sugieren efectos favorables del Mg^{2+}; sin embargo, gran parte de la evidencia procede de estudios experimentales y observacionales, por lo que sus resultados deben interpretarse con cautela. En conjunto, los hallazgos respaldan la relevancia del Mg^{2+} en el funcionamiento del sistema nervioso central y justifican la realización de estudios clínicos adicionales que permitan definir con mayor precisión las dosis óptimas, las formulaciones más efectivas y las poblaciones que podrían beneficiarse de la suplementación con magnesio en el contexto de la salud mental.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Agnihotri, S., Daripelly, S., Cherla, S. K., Jopaka, A. K., & Molanguri, U. (2024). Association of biomarkers with the severity of depression. *Indian Journal of Psychological Medicine.* Advance online publication. https://doi.org/10.1177/02537176241264609

Aly, J. & Engmann, O. (2020). The way to a human's brain goes through their stomach: Dietary factors in major depressive disorder. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 582853. https://doi.org/10.3389/fnins.2020.582853

Angelow, S., Ahlstrom, R., & Yu, A. S. L. (2008). Biology of claudins. *American Journal of Physiology-Renal Physiology,* 295(4), F867–F876. https://doi.org/10.1152/ajprenal.90264.2008

Anjom-Shoae, J., Sadeghi, O., Hassanzadeh-Keshteli, A., Afshar, H., Esmaillzadeh, A., & Adibi, P. (2018). The association between dietary intake of magnesium and psychiatric disorders among Iranian adults: A cross-sectional study. *British Journal of Nutrition,* 120(6), 693-702. https://doi.org/10.1017/S0007114518001782

Bautista-Charry, A. A. (2024). Sulfato de magnesio: 100 años salvando vidas maternas. Un patrimonio científico de la humanidad. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología,* 75(3). https://doi.org/10.18597/rcog.4303

Boyle, N. B., Lawton, C., & Dye, L. (2017). The effects of magnesium supplementation on subjective anxiety and stress—A systematic review. *Nutrients,* 9(5), 429. https://doi.org/10.3390/nu9050429

Clark, B. A. & Brown, R. S. (1992). Unsuspected morbid hypermagnesemia in elderly patients. *American Journal of Nephrology,* 12(5), 336–343. https://doi.org/10.1159/000168469

Devarshi, P. P., Gustafson, K., Grant, R. W., & Mitmesser, S. H. (2023). Higher intake of certain nutrients among older adults is associated with better cognitive function: an analysis of NHANES 2011-2014. *BMC Nutrition,* 9(1). https://doi.org/10.1186/s40795-023-00802-0

Đurić, V., Batinić, B., Petrović, J., Stanić, D., Bulat, Z., & Pešić, V. (2018). A single dose of magnesium, as well as chronic administration, enhances long-term memory in novel object recognition test, in healthy and ACTH-treated rats. *Magnesium Research,* 31(1), 24-32. https://doi.org/10.1684/mrh.2018.0435

Ekinci, G. N. & Sanlier, N. (2023). The relationship between nutrition and depression in the life process: A mini-review. *Experimental Gerontology,* 172, 112072. https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.112072

Fassin, M., Danhier, P., & Ris, L. (2020). Effect of oral administration of magnesium n-acetyltaurinate on synaptic plasticity in rodents. *Magnesium Research,* 33(4), 106–113. https://doi.org/10.1684/mrh.2021.0475

Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: Biochemistry, nutrition, detection, and social impact of diseases linked to its deficiency. *Nutrients,* 13(4). https://doi.org/10.3390/nu13041136

García-Maldonado, E., Gallego-Narbón, A., Zapatera, B., Alcorta, A., Martínez-Suárez, M., & Vaquero, M. P. (2024). Bone remodelling, vitamin D status, and lifestyle factors in Spanish vegans, lacto-ovo vegetarians, and omnivores. *Nutrients,* 16(3), 448. https://doi.org/10.3390/nu16030448

Górska, N., Słupski, J., Szałach, Ł. P., Włodarczyk, A., Szarmach, J., Jakuszkowiak-Wojten, K., Gałuszko-Węgielnik, M., Wilkowska, A., Wiglusz, M. S., & Cubała, W. J. (2019). Magnesium and ketamine in the treatment of depression. *Psychiatria Danubina,* 31(Suppl 3), 549–553.

Gröber, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients,* 7(9), 8199-8226. https://doi.org/10.3390/nu7095388

Hausenblas, H. A., Lynch, T., Hooper, S., Shrestha, A., Rosendale, D., & Gu, J. (2024). Magnesium-L-threonate improves sleep quality and daytime functioning in adults with self-reported sleep problems: A randomized controlled trial. *Sleep Medicine: X,* 8. https://doi.org/10.1016/j.sleepx.2024.100121

Hoepner, C. T., McIntyre, R. S., & Papakostas, G. I. (2021). Impact of supplementation and nutritional interventions on pathogenic processes of mood disorders: A review of the evidence. *Nutrients,* 13(3), 1-25. https://doi.org/10.3390/nu13030767

Hosgorler, F., Koc, B., Kizildag, S., Canpolat, S., Argon, A., Karakilic, A., Kandis, S., Guvendi, G., Ates, M., Arda, N. M., & Uysal, N. (2020). Magnesium acetyl taurate prevents tissue damage and deterioration of prosocial behavior related with vasopressin levels in traumatic brain injured rats. *Turkish Neurosurgery,* 30(5), 723–733. https://doi.org/10.5137/1019-

5149.JTN.29272-20.1

International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (1999). Disorders of magnesium metabolism. *EJIFCC*, 11(2), 36–44. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6357249/

Kirkland, A. E., Sarlo, G. L., & Holton, K. F. (2018). The role of magnesium in neurological disorders. *Nutrients,* 10(6). https://doi.org/10.3390/nu10060730

Kröse, J. L. & de-Baaij, J. H. F. (2024). Magnesium biology. *Nephrology Dialysis Transplantation,* 39(12), 1965-1975. https://doi.org/10.1093/ndt/gfae134

Leenders, N. H. J., Vermeulen, E. A., van-Ballegooijen, A. J., Hoekstra, T., de-Vries, R., Beulens, J. W., & Vervloet, M. G. (2021). The association between circulating magnesium and clinically relevant outcomes in patients with chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition*, 40(5), 3133-3147. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.12.015

Lopresti, A. L. & Smith, S. J. (2026). The effects of magnesium L-threonate (Magtein®) on cognitive performance and sleep quality in adults: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1729164. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1729164

Macías-Carballo, M., Rosas-Navarro, S., López-Meraz, M. L., Beltran-Parrazal, L., & Morgado-Valle, C. (2021). Anxiolytic effect of chronic intake of supplemental magnesium chloride in rat. *Behavioural Brain Research*, 413. 113460. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113460

Maguire, D., Neytchev, O., Talwar, D., McMillan, D., & Shiels, P. G. (2018). Telomere Homeostasis: *Interplay with Magnesium. International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 157. https://doi.org/10.3390/ijms19010157

Martínez-Cengotitabengoa, M. & González-Pinto, A. (2017). Nutritional supplements in depressive disorders. *Actas Españolas de Psiquiatría*, 45(Suppl. 1), 79-85.

McCabe, D., Lisy, K., Lockwood, C., & Colbeck, M. (2017). The impact of essential fatty acid, B vitamins, vitamin C, magnesium and zinc supplementation on stress levels in women: A systematic review. *JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports,* 15(2), 402-453. https://doi.org/10.11124/JBISRIR-2016-002965

Młyniec, K., Gaweł, M., Doboszewska, U., Starowicz, G., & Nowak, G. (2017). The role of elements in anxiety. *Vitamins and Hormones*, 103, 295-326. https://doi.org/10.1016/bs.vh.2016.09.002

Moabedi, M., Aliakbari, M., Erfanian, S., & Milajerdi, A. (2023). Magnesium supplementation beneficially affects depression in adults with depressive disorder: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1333261. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1333261

Moncayo, R. & Moncayo, H. (2014). The WOMED model of benign thyroid disease: Acquired magnesium deficiency due to physical and psychological stressors relates to dysfunction of oxidative phosphorylation. *BBA Clinical, 3,* 44–64. https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2014.11.002

Mori, H., Tack, J., & Suzuki, H. (2021). Magnesium oxide in constipation. *Nutrients*, 13(2), 421. https://doi.org/10.3390/nu13020421

Mudryk, K., Lee, C., Tomaník, L., Malerz, S., Trinter, F., Hergenhahn, U., Neumark, D. M., Slavíček, P., Bradforth, S., & Winter, B. (2024). How does $Mg^{2+}_{(aq)}$ interact with $ATP_{(aq)}$? Biomolecular structure through the lens of liquid-jet photoemission spectroscopy. *Journal of the American Chemical Society*, 146(23), 16062–16075. https://doi.org/10.1021/jacs.4c03174

Musso, C. G. (2009). Magnesium metabolism in health and disease. *International Urology and Nephrology*, 41(2), 357-362. https://doi.org/10.1007/s11255-009-9548-7

National Cancer Institute (2006). Common terminology criteria for adverse events (CTCAE) v3.0. U.S. Department of Health and Human Services. https://dctd.cancer.gov/research/ctep-trials/for-sites/adverse-events/ctcae-v3.pdf

National Institutes of Health / Office of Dietary Supplements (2026). Magnesium: Fact sheet for health professionals. [En línea]. Disponible en: https://ods.od.nih.gov/factsheets/Magnesium-HealthProfessional/. Fecha de consulta: 16 de junio de 2026.

Neufingerl, N. & Eilander, A. (2022). Nutrient intake and status in adults consuming plant-based diets compared to meat-eaters: A systematic review. *Nutrients,* 14(1). https://doi.org/10.3390/nu14010029

Noah, L., Morel, V., Bertin, C., Pouteau, E., Macian, N., Dualé, C., Pereira, B., & Pickering, G. (2022). Effect of a combination of magnesium, B vitamins, rhodiola, and green tea (L-Theanine) on chronically stressed healthy individuals—A randomized, placebo-controlled study. *Nutrients,* 14(9). https://doi.org/10.3390/nu14091863

Noordam, R., Young, W. J., Salman, R., Kanters, J. K., van-den-Berg, M. E., van-Heemst, D., Lin, H. J., Barreto, S. M., Biggs, M. L., Biino, G., Catamo, E., Concas, M. P., Ding, J., Evans, D. S., Foco, L., Grarup, N., Lyytikäinen, L. P., Mangino, M., Mei, H., ..., & Warren, H. R. (2019). Effects of calcium, magnesium, and potassium concentrations on ventricular repolarization in unselected individuals. *Journal of the American College of Cardiology,* 73(24), 3118-3131. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.03.519

Panczyszyn-Trzewik, P., Misztak, P., Opoka, W., Nowak, G., & Sowa-Kucma, M. (2023). Oxidative stress responses and their alterations in the NRF2-NMDA receptor pathway in the brain of suicide victims. *Journal of Physiology and Pharmacology,* 74(3), 335-346. https://doi.org/10.26402/jpp.2023.3.08

Pardo, M. R., Garicano-Vilar, E., San-Mauro-Martín, I., & Camina-Martín, M. A. (2021). Bioavailability of magnesium food supplements: A systematic review. *Nutrition,* 89, Article 111294. https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111294

Pyndt-Jørgensen, B., Winther, G., Kihl, P., Nielsen, D. S., Wegener, G., Hansen, A. K., & Sørensen, D. B. (2015). Dietary magnesium deficiency affects gut microbiota and anxiety-like behaviour in C57BL/6N mice. *Acta Neuropsychiatrica,* 27(5), 307-311. https://doi.org/10.1017/neu.2015.10

Ross, K., van-Nortwick, M., & Dragone, D. (2021). Innovative therapies for mood disorders: A case report. *Explore,* 17(3), 208-212. https://doi.org/10.1016/j.explore.2020.03.011

Santomauro, D. F., Mantilla Herrera, A. M., Shadid, J., Zheng, P., Ashbaugh, C., Pigott, D. M., Abbafati, C., Adolph, C., Amlag, J. O., Aravkin, A. Y., Bang-Jensen, B. L., Bertolacci, G. J., Bloom, S. S., Castellano, R., Castro, E., Chakrabarti, S., Chattopadhyay, J., Cogen, R. M., Collins, J. K., ..., & Ferrari, A. J. (2021). Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *The Lancet,* 398(10312), 1700-1712. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02143-7

Schlingmann, K. P., Waldegger, S., Konrad, M., Chubanov, V., & Gudermann, T. (2007). TRPM6 and TRPM7. Gatekeepers of human magnesium metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease,* 1772(8), 813–821. https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2007.03.009

Schuchardt, J. P. & Hahn, A. (2017). Intestinal absorption and factors influencing bioavailability of magnesium- An update. *Current Nutrition and Food Science,* 13(4). https://doi.org/10.2174/1573401313666170427162740

Serefko, A., Lachowicz-Radulska, J., Szopa, A., Herbet, M., Czylkowska, A., Ignatiuk, K., Dołoto, A., Szewczyk, B., Wośko, S., Wróbel, A., Szponar, J., Wlaź, P., Skałecki, P., Wróbel, J., Słotwińska, W., & Poleszak, E. (2025). The novel imipramine–magnesium complex exerts antidepressant-like activity in mice subjected to the forced swim test and the tail suspension test. *Molecules,* 30(3). https://doi.org/10.3390/molecules30030519

Shindo, Y., Yamanaka, R., Hotta, K., & Oka, K. (2020). Inhibition of Mg^{2+} extrusion attenuates glutamate excitotoxicity in cultured rat hippocampal neurons. *Nutrients,* 12(9), 1-14. https://doi.org/10.3390/nu12092768

Shrivastava, P., Choudhary, R., Nirmalkar, U., Singh, A., Shree, J., Vishwakarma, P. K., & Bodakhe, S. H. (2018). Magnesium taurate attenuates progression of hypertension and cardiotoxicity against cadmium chloride-induced hypertensive albino rats. *Journal of Traditional and Complementary Medicine,* 9(2), 119–123. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.06.010

Skalski, M., Mach, A., Januszko, P., Ryszewska-Pokraśniewicz, B., Biernacka, A., Nowak, G., Pilc, A., Poleszak, E. & Radziwoń-Zaleska, M. (2021). Pharmaco-electroencephalography-based

assessment of antidepressant drug efficacy—the use of magnesium ions in the treatment of depression. *Journal of Clinical Medicine*, 10(14). https://doi.org/10.3390/jcm10143135

Stachowicz, K. (2023). Regulation of COX-2 expression by selected trace elements and heavy metals: Health implications, and changes in neuronal plasticity. A review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 79, 127226. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127226

Strodl, E., Bambling, M., Parnam, S., Ritchie, G., Cramb, S., & Vitetta, L. (2024). Probiotics and magnesium orotate for the treatment of major depressive disorder: a randomised double blind controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-71093-z

Sultana, S., Anwar Sonia, S. B., Rumu, H., Jhumu, S., Wahid, S. B., & Chowdhury, I. H. (2025). Association between serum magnesium level and depression in selective serotonin reuptake inhibitors treated major depressive disorder patients. *Mugda Medical College Journal*, 8(2), 138–144. https://doi.org/10.3329/mumcj.v8i2.85808

Szkup, M., Jurczak, A., Brodowska, A., Brodowska, A., Noceń, I., Chlubek, D., Laszczyńska, M., Karakiewicz, B., & Grochans, E. (2017). Analysis of relations between the level of Mg, Zn, Ca, Cu, and Fe and Depressiveness in Postmenopausal Women. *Biological Trace Element Research*, 176(1), 56-63. https://doi.org/10.1007/s12011-016-0798-9

Tarleton, E. K., Kennedy, A. G., Rose, G. L., Crocker, A., & Littenberg, B. (2019). The association between serum magnesium levels and depression in an adult primary care population. *Nutrients*, 11(7). https://doi.org/10.3390/nu11071475

Tarleton, E. K., Littenberg, B., MacLean, C. D., Kennedy, A. G., & Daley, C. (2017). Role of magnesium supplementation in the treatment of depression: A randomized clinical trial. *PloS One*, 12(6), e0180067. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180067

Uysal, N., Kizildag, S., Yuce, Z., Guvendi, G., Kandis, S., Koc, B., Karakilic, A., Camsari, U. M. & Ates, M. (2019). Timeline (bioavailability) of magnesium compounds in hours: Which magnesium compound works best? *Biological Trace Element Research*, 187(1), 128-136. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1351-9

Van-Laecke, S. (2024). An update on hypomagnesemia and hypermagnesemia. *Kidney and Dialysis*, 4(1), 1-14. https://doi.org/10.3390/kidneydial4010001

Van-Winden, T., Roos, C., Mol, B. W., Pajkrt, E., & Oudijk, M. A. (2024). A historical narrative review through the field of tocolysis in threatened preterm birth. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology: X*, 22, 100313. https://doi.org/10.1016/j.eurox.2024.100313

Wang, J., Um, P., Dickerman, B. A., & Liu, J. (2018). Zinc, magnesium, selenium and depression: A review of the evidence, potential mechanisms and implications. *Nutrients*, 10(5), 584. https://doi.org/10.3390/nu10050584

Wang, Q., Hu, Y., Li, F., Hu, L., Zhang, Y., Qiao, Y., Tang, C., & Wang, R. (2025). MgSO4 alleviates hippocampal neuroinflammation and BBB damage to resist CMS-induced depression. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1470505. https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1470505

Weder, S., Keller, M., Fischer, M., Becker, K., & Alexy, U. (2022). Intake of micronutrients and fatty acids of vegetarian, vegan, and omnivorous children (1-3 years) in Germany (VeChi Diet Study). *European Journal of Nutrition*, 61(3), 1507–1520. https://doi.org/10.1007/s00394-021-02753-3

Winther, G., Pyndt Jørgensen, B. M., Elfving, B., Nielsen, D. S., Kihl, P., Lund, S., Sorensen, D. B., & Wegener, G. (2015). Dietary magnesium deficiency alters gut microbiota and leads to depressive-like behaviour. *Acta Neuropsychiatrica*, 27(3), 168-176. https://doi.org/10.1017/neu.2015.7

Yary, T., Lehto, S. M., Tolmunen, T., Tuomainen, T. P., Kauhanen, J., Voutilainen, S., & Ruusunen, A. (2016). Dietary magnesium intake and the incidence of depression: A 20-year follow-up study. *Journal of Affective Disorders*, 193, 94-98. https://doi.org/10.1016/j.jad.2015.12.056

Zhang, J., Mai, C. L., Xiong, Y., Lin, Z. J., Jie, Y. T., Mai, J. Z., Liu, C., Xie, M. X., Zhou, X., & Liu, X. G. (2021). The causal role of magnesium deficiency in the neuroinflammation, pain hy-

persensitivity and memory/emotional deficits in ovariectomized and aged female mice. *Journal of Inflammation Research*, 14, 6633-6656. https://doi.org/10.2147/JIR.S330894

Zhang, Y., Chen, C., Lu, L., Knutson, K. L., Carnethon, M. R., Fly, A. D., Luo, J., Haas, D. M., Shikany, J. M., & Kahe, K. (2022). Association of magnesium intake with sleep duration and sleep quality: findings from the CARDIA study. *Sleep*, 45(4). https://doi.org/10.1093/sleep/zsab276

Zhang, Z., Chen, X., Wu, S., Chen, X., Wang, X., Liu, C., Zeng, N., Liu, Y., Huo, T., Liu, X., Shi, L., Yan, W., Yuan, K., Meng, S., Wu, P., Javed, A., Alibudbud, R., Shi, J., Sun, Y., Lu, L., ..., & Bao, Y. (2026). Global, regional and national burden of anxiety and depression disorders from 1990 to 2021, and forecasts up to 2040. *Journal of Affective Disorders,* 393(Pt A), 120 299. https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.120299

Zhou, X., Huang, Z., Zhang, J., Chen, J. L., Yao, P. W., Mai, C. L., Mai, J. Z., Zhang, H., & Liu, X. G. (2020). Chronic oral administration of magnesium-L-threonate prevents oxaliplatin-induced memory and emotional deficits by normalization of TNF-α/NF-κB signaling in rats. *Neuroscience Bulletin.* https://doi.org/10.1007/s12264-020-00563-x

Zocchi, M., Bartolini, M., Maier, J. A., & Castiglioni, S. (2023). Low extracellular magnesium induces phenotypic and metabolic alterations in C2C12-derived myotubes. *Scientific Reports*, 13(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-46543-9

Imágenes de Canva educativo

Obesidad, desregulación estrogénica y riesgo de cáncer de mama en mujeres posmenopáusicas: revisión sistemática con síntesis narrativa crítica

Obesity, estrogenic dysregulation, and breast cancer risk in postmenopausal women: A systematic review with critical narrative synthesis

Paulina Quezada-Rodríguez, Imelda Julissa Mendoza-Espino, Erika Yanet Portillo-Siqueiros, Blanca Gladiana Beltrán-Piña*

RESUMEN

El cáncer de mama (CM) es la neoplasia maligna más frecuente en mujeres y representa aproximadamente una de cada cuatro neoplasias femeninas diagnosticadas anualmente a nivel mundial. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la evidencia científica sobre la relación entre la obesidad, desregulación estrogénica y el riesgo de cáncer de mama en mujeres posmenopáusicas. Se realizó una revisión sistemática con síntesis narrativa crítica (sin metaanálisis) basada en las directrices PRISMA 2020, con una búsqueda en tres bases de datos (Scopus, PubMed/MEDLINE, Cochrane Library) y un asistente de investigación impulsado por inteligencia artificial (SciSpace). Se incluyeron estudios publicados en el periodo 2019 a 2025. La calidad metodológica y el riesgo de sesgo se evaluaron mediante las guías del Joanna Briggs Institute (JBI); adicionalmente, se aplicó STROBE-MR para el estudio de aleatorización mendeliana y STREGA para el estudio de asociación genómica amplia (GWAS). La búsqueda bibliográfica arrojó 759 estudios, de los cuales se incluyeron 23, que aportan evidencia sobre la asociación entre obesidad y mayor riesgo de CM posmenopáusico (RR 1.18; IC 95 %: 1.13 a 1.24; P ≤ 0.001). El índice cintura-cadera resultó un predictor independiente del IMC (HR 1.15; IC 95 %: 1.00 a 1.32; P = 0.006). Estos hallazgos, de naturaleza observacional, indican que un abordaje metabólico-hormonal integral podría ser relevante para la prevención del CM, aunque se requieren estudios de intervención para confirmarlo.

PALABRAS CLAVE: cáncer de mama, obesidad, estrógenos, posmenopausia, adiposidad central.

ABSTRACT

Breast cancer (BC) is the most common malignant neoplasm in women, accounting for approximately one in four female cancers diagnosed annually worldwide. The aim of this study was to evaluate the scientific evidence on the relationship between obesity, estrogen dysregulation, and breast cancer risk in postmenopausal women. A systematic review with critical narrative synthesis was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, with a search across three databases (Scopus, PubMed/MEDLINE, Cochrane Library) and an artificial intelligence–powered research assistant (SciSpace). Studies published between 2019 and 2025 were included. Methodological quality and risk of bias were assessed using the Joanna Briggs Institute (JBI) guidelines; additionally, STROBE-MR was applied to the Mendelian randomization study and STREGA to the genome-wide association study (GWAS). The literature search yielded 759 studies, of which 23 were included. These studies provide evidence of an association between obesity and an increased risk of postmenopausal BC (RR 1.18; IC 95 %: 1.13 a 1.24; P ≤ 0.001). The waist-to-hip ratio was an independent predictor beyond BMI (HR 1.15; 95 % CI: 1.00 to 1.32; P = 0.006). These findings, observational in nature, indicate that an integrated metabolic-hormonal approach may be relevant for prevention, although further intervention studies are needed to confirm this.

KEYWORDS: breast cancer, obesity, estrogens, postmenopause, central adiposity.

***Correspondencia:** bbeltran@uach.mx**/Fecha de recepción:** 5 de enero de 2026**/Fecha de aceptación:** 1 de julio de 2026**/Fecha de publicación:** 14 de agosto de 2026.

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Enfermería y Nutriología, Campus Universitario II, Circuito Universitario, Periférico de la Juventud, Chihuahua, Chihuahua, México, C. P. 31125.

 ISSN 2007-7858. 20(2): 24-51 (Ene-Jun 2026) CC BY NC SA https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2083

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama (CM) es una neoplasia caracterizada por la proliferación descontrolada de células en el tejido mamario, principalmente de origen epitelial, clasificándose en diversos subtipos según criterios histológicos y morfológicos. La mayoría de los casos corresponden a carcinomas, particularmente adenocarcinomas derivados del epitelio glandular (Mérida-Ortega y col., 2022). Entre los tipos más frecuentes se encuentran los carcinomas ductales y lobulillares invasivos, los cuales pueden evolucionar desde formas *in situ* hacia estructuras invasivas (Łukasiewicz y col., 2021).

Desde el punto de vista epidemiológico, el CM es la neoplasia maligna más frecuente en mujeres, representando aproximadamente una de cada cuatro neoplasias femeninas diagnosticadas anualmente y la segunda causa de incidencia oncológica de la población general reportada en 2022, con una estimación de 2.3 millones de casos nuevos y 685 000 muertes, con proyecciones que estiman un incremento sustancial hacia 2050, alcanzando hasta 3.56 millones de casos incidentes y 1.37 millones de muertes (Mérida-Ortega y col., 2023; Bray y col., 2024; GBD 2023 Cancer Collaborators, 2025). Estas cifras reflejan no solo la magnitud del problema, sino también la necesidad de comprender mejor los factores de riesgo implicados.

La etiología del CM es multifactorial. Si bien, el sexo femenino constituye el principal factor de riesgo, la presencia o ausencia de factores específicos no determina de forma absoluta el desarrollo de la enfermedad (Łukasiewicz y col., 2021). En dicho contexto, los factores de riesgo modificables adquieren especial relevancia. El análisis más reciente del estudio Carga Global de Enfermedades (GBD, por sus siglas en inglés: Global Burden of Disease) reporta que estos factores explican el 28.1 % de los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) asociados al CM, destacando el riesgo dietético (10.8 %), el índice de masa corporal elevado (11.7 %) y el consumo de tabaco (7.5 %) (GBD 2023 Cancer Collaborators, 2025).

En particular, la obesidad y el síndrome metabólico han emergido como determinantes clave en el riesgo y la mortalidad por CM, especialmente en mujeres posmenopáusicas (Chlebowski y col., 2024). Tras el cese de la función ovárica, el tejido adiposo se convierte en una fuente importante de producción de estrógenos mediante la activación de la enzima aromatasa (CYP19A1), lo que podría incrementar los niveles circulantes de estradiol y favorecer el crecimiento de tumores hormonodependientes (RE+, receptor de estrógeno positivo) (Mehmood y col., 2022; Mejia-Montilla y col., 2022). Se ha reportado en la literatura científica que, a nivel molecular, la obesidad también se asocia con una disminución de adiponectina, una adipocina con efectos antiinflamatorios y antiangiogénicos, cuya reducción podría contribuir a un entorno procarcinogénico (Macis y col., 2024).

La interacción entre obesidad, metabolismo y regulación hormonal tiene implicaciones clínicas importantes. Se ha documentado que la obesidad puede disminuir la eficacia de los inhibidores de aromatasa en mujeres con CM con receptores hormonales positivos en la posmenopausia, lo que impacta negativamente en el tratamiento y pronóstico (Harborg y col., 2023).

Estudios previos han abordado esta problemática de manera parcial. Por ejemplo, algunas revisiones han analizado la asociación entre obesidad y CM sin profundizar en los mecanismos estrogénicos (Sampaio-de-Andrade y Postorivo-Nauman, 2023), mientras que metaanálisis han confirmado el aumento del riesgo en mujeres posmenopáusicas con obesidad, pero restringiéndose al índice de masa corporal como indicador de adiposidad (Fadhila y col., 2021; Dehesh y col., 2023). Otros trabajos han explorado el impacto de la obesidad en la eficacia de terapias endocrinas, evidenciando la relevancia clínica de la desregulación estrogénica, aunque sin integrar de forma sistemática los mecanismos moleculares ni biomarcadores clave como adiponectina, leptina o el ratio 2-OH/16α-OH (Shirdarreh y Pezo, 2021; Ioannides y col., 2014).

La heterogeneidad metodológica de los estudios que abordan este tema ha dificultado la consolidación de evidencia robusta que guíe intervenciones clínicas con enfoque metabólico y nutricional (Houghton y col., 2021; Poorolajal y col., 2021; Wang y col., 2025). En este sentido, la identificación reciente de biomarcadores asociados al riesgo oncológico en mujeres posmenopáusicas con obesidad representa un área emergente que aún requiere mayor síntesis e integración (Cho y col., 2021; Jung y col., 2021; Dashti y col., 2022; Geczik y col., 2022; Macis y col., 2024).

El objetivo del presente trabajo fue sintetizar la evidencia científica publicada de 2019 a 2025 sobre la relación entre obesidad, desregulación estrogénica y riesgo de CM en mujeres posmenopáusicas, con el fin de identificar los mecanismos moleculares y metabólicos implicados, las brechas de conocimiento existentes y sus posibles implicaciones para el diseño de estrategias de prevención e intervención clínica con un enfoque metabólico y nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

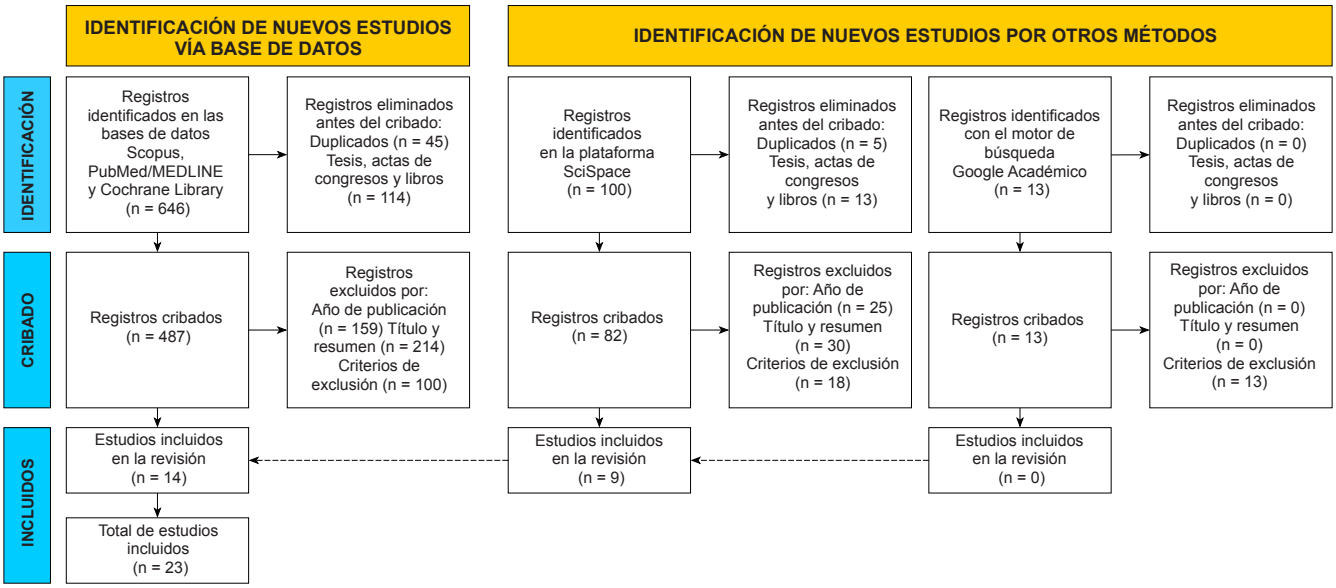
Diseño del estudio

El protocolo para elaborar esta revisión sistemática con síntesis narrativa crítica se desarrolló siguiendo los criterios de elegibilidad, la estrategia de búsqueda y los métodos de extracción de datos según las directrices del documento "Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis" (PRISMA 2020, por sus siglas en inglés: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page y col., 2021) (Figura 1).

Estrategia de búsqueda

La búsqueda de literatura se realizó usando las bases de datos Scopus, PubMed/MEDLINE, Cochrane Library, e incluyó artículos publicados en el periodo de 2019 a 2025. La estrategia combinó palabras clave en cuatro áreas principales: (1) obesidad/adiposidad, (2) cáncer de mama, (3) continuidad posmenopáusica y (4) factores hormonales (Tabla 1).

La estrategia de búsqueda fue adaptada a la sintaxis específica de cada base de datos consultada (Tabla 1). Para Scopus se utilizó el operador TITLE-ABS-KEY con términos en campos de título, resumen y palabras clave. Para PubMed/MEDLINE se combinaron términos MeSH controlados con búsqueda en cam-



Nota: Google Scholar se utilizó exclusivamente para identificar estudios no indexados en las bases de datos primarias.

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios.
Figure 1. PRISMA flow chart of the study selection process.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda bibliográfica por base de datos.
Table 1. Bibliographic search strategy by database.

Estrategias de búsqueda	Registros (n)
PubMed/ MEDLINE	
("Breast neoplasms"[MeSH] OR "breast cancer"[tiab] OR "breast carcinoma"[tiab] OR "mammary cancer"[tiab]) AND ("obesity"[MeSH] OR "overweight"[MeSH] OR "body mass index"[tiab] OR "BMI"[tiab] OR "adiposity"[tiab] OR "waist circumference"[tiab] OR "waist-hip ratio"[tiab] OR "body fat"[tiab] OR "metabolic syndrome"[tiab] OR "abdominal obesity"[tiab]) AND ("postmenopause"[MeSH] OR "postmenopausal"[tiab] OR "postmenopause"[tiab] OR "menopause"[MeSH]) AND ("estrogens"[MeSH] OR "estradiol"[tiab] OR "estrogen"[tiab] OR "aromatase"[tiab] OR "hyperestrogenism"[tiab] OR "estrogen dysregulation"[tiab] OR "adipokines"[tiab] OR "leptin"[tiab] OR "adiponectin"[tiab])) AND ("2019/01/01"[PDAT] : "2025/12/31"[PDAT]) AND (English[lang] OR Spanish[lang])	230
Scopus	
TITLE-ABS-KEY ("breast cancer" OR "breast neoplasm" OR "breast carcinoma") AND ("obesity" OR "overweight" OR "body mass index" OR "BMI" OR "adiposity" OR "waist-hip ratio" OR "metabolic syndrome") AND ("postmenopausal" OR "postmenopause") AND ("estrogen" OR "estradiol" OR "aromatase" OR "estrogen dysregulation" OR "adipokine" OR "leptin" OR "adiponectin") AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2026 AND DOCTYPE (ar OR re) AND LANGUAGE (english OR spanish)	161
Cochrane Library	
("breast cancer" OR "breast neoplasm" OR "breast carcinoma") AND ("obesity" OR "overweight" OR "body mass index" OR "adiposity" OR "metabolic syndrome") AND ("postmenopausal" OR "postmenopause" OR "menopause") AND ("estrogen" OR "estradiol" OR "aromatase" OR "hormonal dysregulation" OR "adipokines")	255
Subtotal	**646**
Scispace*	
Búsqueda en lenguaje natural: How does obesity-related estrogen dysregulation contribute to the development and progression of breast cancer in postmenopausal women?	100
Google Scholar**	
Los términos utilizados fueron: obesidad, cáncer de mama, posmenopáusicas, desregulación de estrógenos, mecanismos metabólicos. Sin operadores boleanos.	13
Total	**759**

*Scispace se utilizó como fuente complementaria mediante búsqueda semántica, sin operadores booleanos formales, para identificar estudios no indexados en las bases de datos principales.
**Estos estudios se utilizaron como fuente complementaria para la identificación de estudios no indexados en las bases de datos primarias.

pos de título y resumen [tiab]. Para Cochrane Library se construyó una estrategia por bloques temáticos combinados mediante el operador AND. En todas las bases de datos se emplearon truncadores ( ) para capturar variantes morfológicas de los términos principales.

También, se empleó SciSpace, plataforma de investigación que tiene un motor de búsqueda académico con inteligencia artificial (IA) mediante búsqueda semántica en lenguaje natural, sin operadores booleanos formales, para identificar estudios no recuperados por las bases de datos indexadas, en la Tabla 1 se muestra la pregunta utilizada para la recuperación de estudios.

Google Scholar fue utilizado como fuente complementaria para la identificación de estudios no indexados en las bases de datos primarias,

y no como base de datos principal de la revisión. Las palabras clave utilizadas se muestran en la Tabla 1, y con ellas se realizó una búsqueda tanto en español como en inglés.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron: (1) tipo de estudio (estudios de cohorte prospectiva, estudios transversales analíticos, revisiones sistemáticas y metaanálisis, estudios de aleatorización mendeliana, estudios de asociación genómica amplia (GWAS, por sus siglas en inglés: Genome-Wide Association Study), revisiones narrativas con síntesis de opinión experta, estudios experimentales *in vitro/ex vivo* con muestras humanas y estudios de casos y controles, todos publicados de 2019 a 2025 en revistas indexadas; (2) mujeres posmenopáusicas: amenorrea ≥ 12 meses confirmada clínicamente o por autorreporte validado, y/o FSH > 25.8 UI/L, y/o edad ≥ 50 años con estado menopáusico verificado por los criterios operacionales del estudio de origen; (3) obesidad definida como IMC ≥ 30 kg/m^2, exceso de tejido adiposo > 33 %, o exceso de tejido adiposo en la parte central medido por ICC (índice cintura-cadera) o circunferencia de cintura (CC); (4) preferentemente idioma inglés o español.

Se tuvieron como criterios de exclusión: (1) exclusivamente mujeres premenopáusicas o poblaciones mixtas sin estratificación; (2) únicamente normopeso sin comparador; (3) intervenciones con suplementos nutricionales específicos; (4) editoriales, cartas, resúmenes de congresos, tesis; (5) datos insuficientes (omisión de alguno de los criterios de inclusión, que afecte la interpretación en el contexto de este estudio).

Selección de estudios

La evaluación de la calidad metodológica y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos se realizaron mediante las herramientas estandarizadas de Joanna Briggs Institute (JBI) y los estándares internacionales de reporte correspondientes a cada diseño de estudio. Dos artículos requirieron instrumentos distintos a las guías JBI por la naturaleza de su diseño. La Tabla 2 presenta los tipos de estudio, el número de criterios evaluados y el porcentaje de cumplimiento de los criterios evaluados para cada artículo.

La evidencia epidemiológica sobre la asociación entre obesidad, desregulación estrogénica y riesgo de CM fue abordada por los estudios de cohorte, transversales y de epidemiología genómica, entre otros; mientras que en las revisiones narrativas de expertos se identificaron los mecanismos moleculares implicados, las brechas de conocimiento y las implicaciones para intervenciones clínicas con enfoque metabólico y nutricional. Esta estrategia es coherente con el enfoque del JBI, que respalda la síntesis de múltiples tipos de evidencia cuando la complejidad de la pregunta de investigación así lo requiere, siempre que cada tipo sea evaluado con la herramienta apropiada (Aromataris y col., 2015).

Las discrepancias en la evaluación fueron resueltas mediante el siguiente protocolo: los dos revisores principales (P.Q.R. e I.J.M.E.) evaluaron los estudios de forma independiente y discutieron en sesión conjunta las diferencias identificadas, buscando consenso mediante revisión del texto fuente. Cuando no se alcanzó acuerdo, la discrepancia fue escalada al tercer revisor (B.G.B.P.), cuya decisión fue vinculante. El cuarto revisor (E.Y.P.S.) fue designado como árbitro para casos de desacuerdo entre los tres revisores anteriores, condición que no se activó en ningún caso durante el proceso.

La herramienta Claude fue utilizada exclusivamente como apoyo para la sistematización y documentación de los resultados de la evaluación en formato tabular, sin intervenir en las decisiones de apreciación crítica, las cuales fueron tomadas íntegramente por los revisores humanos. La información generada fue validada por los dos revisores de forma independiente, cotejando cada ítem registrado con el texto fuente del artículo evaluado y con las notas de apreciación crítica elaboradas durante el proceso de evaluación.

Tabla 2. Tipos de estudio, evaluación de riesgo y calidad metodológica en la revisión sistemática con síntesis narrativa crítica.
Table 2. Study designs, risk assessment, and methodological quality in the systematic review with critical narrative synthesis.

No. estudio	Referencia	Criterios totales	Criterios cumplidos		Riesgo	Calidad metodológica
			n	%		
Cohorte prospectiva (Barker y col., 2025) (JBI Checklist para estudios de cohorte)						
1	Amadou y col. (2024)	11	9	81.8	Bajo	Alta
2	Gathirua-Mwangi y col. (2022)	11	9	81.8	Bajo	Alta
3	Houghton y col. (2021)	11	9	81.8	Bajo	Alta
4	Macis y col. (2024)	11	9	81.8	Bajo	Alta
5	Wang y col. (2025)	11	9	81.8	Bajo	Alta
6	Harborg y col. (2023)	11	8	72.7	Bajo	Alta
7	Klintman y col. (2022)	11	8	72.7	Bajo	Alta
8	Schindler y col. (2024)	11	8	72.7	Bajo	Alta
9	Ye y col. (2022)	11	8	72.7	Bajo	Alta
10	Cao y col. (2023)	11	8	72.7	Bajo	Alta
11	Lee y col. (2025)	11	7	63.6	Moderado	Moderada
Ensayo clínico aleatorizado (Barker y col., 2023) (JBI Checklist para ensayo clínico aleatorizado)						
12	Chlebowski y col. (2024)	13	10	76.9	Bajo	Alta
Estudio de casos y controles (Moola y col., 2020) (JBI para casos y controles)						
13	Dashti y col. (2022)	10	8	80.0	Bajo	Alta
Transversal analítico (Barker y col., 2026) (JBI Checklist para estudios transversales)						
14	Cho y col. (2021)	8	7	87.5	Bajo	Alta
15	Geczik y col. (2022)	8	7	87.5	Bajo	Alta
Revisión sistemática y metaanálisis (Aromataris y col., 2015) (JBI Checklist para revisiones sistemáticas)						
16	Poorolajal y col. (2021)	11	7	63.6	Moderado	Moderada
Aleatorización mendeliana (Skrivankova y col., 2021) (STROBE-MR)						
17	Hao y col. (2023)	20	17	85.0	Bajo	Alta
Estudio de asociación genómica amplia (GWAS + G×E) (Little y col., 2009) (STREGA)						
18	Jung y col. (2021)	12	10	83.3	Bajo	Alta
Cuasiexperimental (Barker y col., 2024) (JBI para estudios Cuasiexperimentales)						
19	Thompson y col. (2021)	9	6	66.7	Moderado	Moderada
Evidencia textual: opinión de expertos (McArthur y col., 2025) (JBI Checklist para evidencia textual: Opinión de expertos)						
20	Brown (2021)	6	6	100	Bajo	Alta
21	Naaman y col. (2022)	6	5	83.3	Bajo	Alta
22	Stordal y col. (2024)	6	5	83.3	Bajo	Alta
23	Dimauro y col. (2021)	6	4	66.7	Moderado	Moderada

Nota: [a]Estudio de Asociación Genómica Amplia (GWAS, por sus siglas en inglés: Genome-Wide Association Study) + Interacción Gen-Ambiente (G×E, por sus siglas en inglés: Gene-Environment Interaction). Se indica la herramienta utilizada para evaluar la calidad del material seleccionado.

Procedimiento para la recolección de datos

La extracción de datos se realizó por todos los autores de forma independiente mediante un formulario estandarizado en hoja de cálculo (Microsoft Excel 2021). Las discrepancias se resolvieron por consenso con revisión del artículo fuente. Las variables extraídas sistemáticamente fueron: autor(es), año, país, diseño de estudio, tamaño de muestra, edad de las participantes, criterio de definición del estado menopáusico, índice de masa corporal, presencia de obesidad, y niveles de estrógenos, tipificación del CM, método diagnóstico, magnitud del riesgo de CM, y el resultado principal y la conclusión del estudio.

En los estudios que lo reportaron, se extrajeron además medidas de efecto individuales (hazard ratios, odds ratios e intervalos de confianza) para evaluar la dirección, magnitud y consistencia de los hallazgos entre estudios, sin combinarlos estadísticamente.

Calidad metodológica y riesgo de sesgo de los estudios incluidos

Los niveles de riesgo de sesgo se establecieron *a priori* conforme a criterios adaptados de Richardson y col. (2014): riesgo bajo ≥ 70 % de criterios cumplidos, riesgo moderado entre 50 % y 69 %, y riesgo alto < 50 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 23 artículos incluidos (Figura 1), 19 corresponden a estudios analíticos primarios y 4 a evidencia textual de opinión de expertos (Tabla 2), y fueron evaluados con 9 herramientas distintas según su diseño.

De los 19 estudios analíticos analizados, se evaluaron 11 estudios utilizando la JBI Checklist para estudios de cohorte (Barker y col., 2025), de los cuales, 10 mostraron un bajo riesgo de sesgo y una alta calidad metodológica, con porcentajes de cumplimiento que variaron entre 72.7 % y 81.8 %. Solo Lee y col. (2025), obtuvieron un riesgo y una calidad metodológica moderada, con un 63.9 % de cumplimiento de los criterios.

Poorolajal y col. (2021) en su estudio obtuvieron una calidad y riesgo moderado (Tabla 2). Las principales limitaciones identificadas fueron: exhaustividad limitada de la estrategia de búsqueda, descripción insuficiente del proceso de evaluación del riesgo de sesgo de los estudios primarios incluidos; y evaluación incompleta del sesgo de publicación. Esta investigación fue incluida en consenso por ser la única revisión sistemática con metaanálisis disponible en el periodo de búsqueda que cuantifica directamente la magnitud de la asociación entre obesidad y riesgo de CM posmenopáusico (RR 1.18; IC 95 %: 1.13 a 1.24; P < 0.001).

Hao y col. (2023) obtuvieron 85.0 % de los criterios acatados, lo que correspondió a una calidad alta y un riesgo bajo (Tabla 2). Los ítems cumplidos incluyeron: una explicación clara desde el inicio del tipo de estudio (aleatorización mendeliana de dos muestras), las razones por las que se eligió este tipo de estudio y qué preguntas de investigación se responderían. Las principales fortalezas metodológicas del estudio de Jung y col. (2021) fueron: el control riguroso de la estratificación poblacional mediante componentes principales de ascendencia y la calidad en la genotipificación en 6 plataformas GWAS armonizadas.

Thompson y col. (2021) obtuvieron una calidad metodológica y un riesgo de sesgo moderado (66.7 %), utilizando para la evaluación de calidad metodológica la lista de JBI para estudios Cuasiexerimentales. Sin embargo, dado el diseño *in vitro/in vivo*, de dicha investigación, los ítem fueron adaptados operacionalmente para evaluar variables de laboratorio (homogeneidad líneas celulares, cepas, control de condiciones, entre otros). Las principales limitaciones identificadas fueron: ausencia de caracterización clínica completa de las pacientes donantes de tejido adiposo por grupo de IMC, diseño de medición única postexposición sin mediciones pretratamiento, y análisis estadístico con n = 3 replicados biológicos sin corrección por comparaciones múltiples, lo que incrementa el riesgo de resultados falsos positivos.

Stordal y col. (2024) es un resumen (overview) derivado de la Breast Cancer UK Cancer Prevention Conference (Conferencia de prevención del cáncer de mama en Reino Unido), una síntesis narrativa de las posiciones colectivas de 14 expertos sobre el riesgo y la prevención del CM, sin protocolo de búsqueda sistemática, criterios de inclusión predefinidos ni evaluación formal de la calidad de los estudios revisados. Por tanto, no cumple los criterios de una revisión sistemática y fue evaluado como evidencia textual.

Dimauro y col. (2021) obtuvieron calidad moderada con el cumplimiento del 66.7 % que contiene la guía JBI para este tipo de estudio. Las principales limitaciones identificadas fueron: ausencia total de descripción de la estrategia de búsqueda o de criterios de selección de los estudios referenciados; tratamiento narrativo acumulativo de la evidencia, sin análisis crítico acerca de las discrepancias en los resultados disponibles en la literatura; y ausencia de declaración formal de conflictos de interés y de financiamiento, lo que constituye la única limitación de transparencia no presente en los otros 3 artículos de evidencia textual incluidos.

Desarrollo del tema

En la Tabla 3 se detalla una síntesis de las características más relevantes de los estudios incluidos. Dado que la heterogeneidad clínica y metodológica impidió la realización de un metaanálisis, los datos cuantitativos presentados en esta sección corresponden a estimadores individuales de cada estudio y no deben interpretarse como cifras directamente comparables entre sí. La fuerza del lenguaje utilizado refleja el nivel de evidencia del diseño de estudio que respalda cada afirmación: las afirmaciones categóricas corresponden a estudios de cohorte prospectiva con bajo riesgo de sesgo o análisis secundarios de ECA, mientras que el lenguaje condicional se emplea para hallazgos provenientes de estudios transversales, experimentales *in vitro* o revisiones narrativas, cuyo diseño no permite inferencia causal directa.

Obesidad, riesgo de CM y estado menopáusico

Varios estudios han sugerido una relación entre obesidad y el riesgo de desarrollar CM. Poorolajal y col. (2021) demostraron que la obesidad se asoció a un incremento de 18 % en el riesgo de desarrollar CM después de la menopausia (RR 1.18; IC 95 %: 1.13 a 1.24; P ≤ 0.001). De forma similar, Klintman y col. (2022), encontraron que, a mayor IMC, mayor riesgo de CM invasivo. La evidencia de que un IMC determinado por la genética puede causar CM en la posmenopausia, respaldada por estudios de aleatorización mendeliana, aporta evidencia de una relación causal (Hao y col., 2023). Los estudios sugieren que esta asociación es específica de la etapa posmenopáusica, ya que, en esta fase, la obesidad aumenta el riesgo de CM (cuartil más alto de masa grasa corporal frente al más bajo: HR 1.54; IC 95 %: 1.35 a 1.76), mientras que en la premenopáusica no se observa este efecto (HR 1.00; IC 95 %: 0.80 a 1.25), debido a que tras la menopausia el tejido adiposo toma el lugar del ovario como fuente principal de estrógenos (Cao y col., 2023). Dichos resultados son consistentes con los hallazgos de Fadhila y col. (2021) en su metaanálisis, quienes encontraron que las mujeres obesas tuvieron 1.52 veces más probabilidad de desarrollar CM posmenopáusico comparado con mujeres de peso normal (OR = 1.52; IC 95 %: 1.17 a 1.98; P = 0.002). Asimismo, Dehesh y col. (2023), en su revisión sistemática y meta-análisis, reportaron una OR combinada de 1.26 (IC 95 %: 1.19 a 1.34) para la asociación entre obesidad y CM posmenopáusico, con significancia estadística (P ≤ 0.001), y una OR de 0.93 (IC 95 %: 0.85 a 1.1) en mujeres premenopáusicas, sin significancia estadística, lo que concuerda con la ausencia de efecto en esa etapa descrita en la sección analizada.

Índice cintura-cadera (ICC) y grasa corporal

El ICC puede llegar a ser un predictor más eficiente que el IMC para el CM en mujeres posmenopáusicas, ya que aporta información de riesgo independiente de la obesidad general. Tras ajustar por el IMC, el ICC se mantuvo positivamente asociado con el riesgo de

Tabla 3. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática con síntesis narrativa crítica sobre obesidad, desregulación estrogénica y cáncer de mama posmenopáusico.
Table 3. Characteristics of studies included in the systematic review with critical narrative synthesis on obesity, estrogen dysregulation, and postmenopausal breast cancer.

Diseño de estudio	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva
Autor(es) y año	Amadou y col. (2024)	Gathirua-Mwangi y col. (2022)	Houghton y col. (2021)	Macis y col. (2024)
País	Reino Unido	EE. UU.	EE. UU.	Internacional / Multinacional (18 países)
Tamaño de muestra	176 686	31 028	96 746	1 200
Edad (años)	≥ 55	≥ 50	50 a 80 (posmenopáusicas al análisis)	40 a 70
Criterio de menopausia	Autorreporte: periodos detenidos ≥ 1 año antes del reclutamiento; o edad > 55 años; o ooforectomía bilateral. Sin verificación bioquímica (FSH)	Amenorrea ≥ 12 meses	Amenorrea ≥ 12 meses (autorreporte cuestionarios bienales NHS); o ooforectomía bilateral; o histerectomía sin ooforectomía bilateral con edad ≥ 54 a 56 años. EE.UU., cohortes NHS/NHS II	Amenorrea ≥ 12 meses y/o FSH > 30 UI/L; ooforectomía bilateral documentada (criterios IBIS-II). Verificación bioquímica en casos de histerectomía
IMC (kg/m²)	Media: 26.8 (DE 4.9); Rango: 18.5 a 45+	IMC elevado	Media: 26.2 (DE 5.1); WHR: 0.83 (DE 0.08)	≥ 30 obesidad; < 30 no obesas
Presencia de obesidad	Variable (normal, sobrepeso, obesidad)	No evaluado	Obesidad	Obesidad
Niveles de estrógenos	No evaluado	No evaluado	No evaluado	Estradiol sérico ↑ SHBG ↓; adiponectina ↓
Tipificación de cáncer de mama	CM invasivo (todos los subtipos); análisis no estratificado por subtipo molecular	RE+ (análisis estratificado por estado de receptor); RE- también evaluado separadamente	CM invasivo (todos los subtipos); análisis también estratificado por RE+/RE	CM invasivo incidente (todos los subtipos); predominantemente RE+ por naturaleza de la cohorte de prevención
Método diagnóstico	Registros nacionales de cáncer (UK National Cancer Registry); confirmación por ICD-10 códigos C50	Registros estatales de cáncer (linkage con registros); confirmación histopatológica cuando disponible	Registros estatales de cáncer; confirmación histopatológica por revisión de registros médicos	Diagnóstico confirmado por histopatología; seguimiento activo en ensayo IBIS-II; registros locales de cáncer

Continúa...

Riesgo de cáncer de mama	Elevado (ICC es predictor más fuerte que IMC)	Elevado (asociación positiva con CM-RE+)	HR 1.15; IC 95 %: 1.00 a 1.32; P = 0.006 (índice cintura-cadera, quintil más alto vs más bajo, ajustado por IMC, en mujeres posmenopáusicas)	HR 1.71; IC 95 %: 1.03 a 2.86; P = 0.04 (obesidad, BMI > 30 vs ≤ 30, en mujeres posmenopáusicas de alto riesgo; modelo de Cox ajustado)
Resultado principal y conclusión	La adiposidad central (WHR) predice mejor el riesgo que el IMC. La distribución de grasa (visceral) es más importante que la masa adiposa total	El IMC elevado es factor de riesgo significativo para CM-RE+ en población afroamericana. El riesgo asociado a obesidad es consistente en población históricamente subrepresentada	La adiposidad central (ICC) predice el riesgo de CM posmenopáusico de forma independiente del IMC; la distribución de la grasa, no solo su cantidad, resulta relevante para la estimación del riesgo	La obesidad incrementó el riesgo de CM posmenopáusico (~71 %); el aumento de adiponectina mostró un efecto protector independiente (HR 0.60), sin actuar como mediador de la asociación obesidad–cáncer
Diseño de estudio	Cohorte prospectiva	Cohorte retrospectiva	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva
Autor(es) y año	Wang y col. (2025)	Harborg y col. (2023)	Klintman y col. (2022)	Schindler y col. (2024)
País	Reino Unido	Dinamarca	Suecia	EE. UU.
Tamaño de muestra	74 763 mujeres (22 257 mujeres premenopáusicas y 52 506 posmenopáusicas)	13 230	42 357	1 110
Edad (años)	40 a 69	58 a 70	62	≥ 18 años; categorizada en < 60 y ≥ 60 años al diagnóstico
Criterio de menopausia	Autorreporte validado (UK Biobank); edad ≥ 50 años como punto de corte para casos posmenopáusicos en seguimiento. Sin verificación bioquímica (FSH) ni amenorrea ≥ 12 meses	Confirmación clínica registrada DBCG; criterio de elegibilidad para inhibidores de aromatasa	Autorreporte mediante cuestionario web; sin verificación bioquímica (FSH) declarada	No aplica como criterio de inclusión. Muestra mixta (≥ 18 años); edad al diagnóstico categorizada como < 60 o ≥ 60 años. Estado menopáusico no declarado como variable
IMC (kg/m²)	< 25 con grasa > 33 % NWO; ≥ 30 tradicional	25 a 29.9 sobrepeso; 30 a 34.9 obesidad; ≥ 35 severa	< 25 normal; 25 a 29.9 sobrepeso; ≥ 30 obesidad	< 25 normal; 25 a 29.9 sobrepeso; ≥ 30 obesidad
Presencia de obesidad	Obesidad de peso normal y obesidad tradicional	Sobrepeso, obesidad, obesidad severa	Normal, sobrepeso, obesidad	Obesidad

Continúa...

Niveles de estrógenos	No evaluado	Producción residual a pesar de IA	No evaluado	No evaluado
Tipificación de cáncer de mama	CM invasivo (todos los subtipos; análisis no estratificado)	RE+ obligatorio (receptor hormonal positivo HR+); HER2 no especificado; estadios I-III	CM invasivo (todos los subtipos incluidos); no estratificación por subtipo molecular en análisis principal	Todos los subtipos incluidos en revisión; análisis de interacción obesidad-raza en pronóstico
Método diagnóstico	Registros nacionales de cáncer (UK Cancer Registry); confirmación histopatológica	Registro Danés de Cáncer de Mama (DBCG); confirmación histopatológica obligatoria; clasificación IHC para receptores	Registro sueco de cáncer; confirmación histopatológica obligatoria (patología de rutina)	Confirmación histopatológica en estudios primarios; registros oncológicos
Riesgo de cáncer de mama	HR 1.19; IC 95 %: 1.08 a 1.31; P ≤ 0.05 (obesidad de peso normal: IMC normal de 18.5 kg/m^2 a 24.9 kg/m^2 con grasa corporal > 33.3 %, en mujeres posmenopáusicas)	HR 1.18; IC 95 %: 1.01 a 1.37; P ≤ 0.05 (obesidad y riesgo de recurrencia de CM obesidad severa: HR 1.32; IC 95 %: 1.08 a 1.62; P ≤ 0.05)	Elevado (HR 1.13 sobrepeso; HR 1.19 obesidad)	Raza negra y peor supervivencia libre de progresión en tumores estadio 0–II, en mujeres obesas (HR 2.19; IC 95 %: 1.06 a 4.51) y no obesas (HR 2.11; IC 95 %: 1.05 a 4.21); P ≤ 0.05. La obesidad por sí sola no se asoció con peor pronóstico
Resultado principal y conclusión	El exceso de grasa corporal con IMC normal (obesidad de peso normal) eleva el riesgo de CM posmenopáusico; el IMC no capta este riesgo, lo que respalda incorporar la composición corporal en la evaluación	La obesidad previa al diagnóstico se asoció con mayor riesgo de recurrencia de CM, aumentando con la severidad de la obesidad; el efecto fue modulado por características de la paciente, el tumor y el tratamiento	Relación dosis-respuesta: mayor IMC, mayor riesgo de CM invasivo. El incremento de riesgo es proporcional al grado de exceso ponderal	La raza negra predijo peor supervivencia libre de progresión en estadios tempranos, con o sin obesidad; la obesidad por sí sola no afectó el pronóstico, evidenciando una interrelación compleja entre ambos factores
Diseño de estudio	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva	Cohorte prospectiva	Ensayo clínico aleatorizado
Autor(es) y año	Ye y col. (2022)	Cao y col. (2023)	Lee y col. (2025)	Chlebowski y col. (2024)
País	Australia	China	Corea	EE. UU.
Tamaño de muestra	6 761	245 009 mujeres (75 284 premenopáusicas y 169 725 posmenopáusicas)	10 125	63 330 mujeres posmenopáusicas

Continúa...

Edad (años)	45 a 75	37 a 73	≥ 50	50 a 79
Criterio de menopausia	Autorreporte de menopausia validado en ProF-SC	PMW: Amenorrea ≥ 12 meses y FSH > 40 UI/L; PreMW: Ciclos menstruales regulares	Edad ≥ 50 años y/o menopausia confirmada clínicamente (registros médicos)	Amenorrea ≥ 12 meses
IMC (kg/m²)	Media: 25.9 (DE 4.8)	PMW: < 24, 24 a 27.9, ≥ 28	< 18.5, 18.5 a 22.9, 23 a 24.9, 25 a 29.9, ≥ 30	≥ 30 obesidad; 25 a 29.9 sobrepeso; 18.5 a 24.9 normal
Presencia de obesidad	Obesidad	Obesidad	Obesidad	Obesidad
Niveles de estrógenos	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado
Tipificación de cáncer de mama	CM invasivo (todos los subtipos); No estratificación por subtipo molecular	CM invasivo (todos los subtipos); análisis estratificado por estado menopáusico, no por subtipo molecular	RE+/HER2- (Luminal A y Luminal B HER2-); estadios I-III; tipo histológico predominantemente ductal invasivo	Todos los subtipos de CM (análisis no estratificado por subtipo molecular)
Método diagnóstico	Registros de cáncer; confirmación histopatológica	Registros regionales de cáncer (China); confirmación histopatológica obligatoria	Confirmación histopatológica obligatoria; IHQ para receptores (RE, RP, HER2); Ki-67 para clasificación Luminal	Registros médicos WHI; diagnóstico confirmado por médicos del estudio; registros de mortalidad
Riesgo de cáncer de mama	Elevado	Mayor masa grasa corporal asociada con mayor riesgo de CM posmenopáusico (HR 1.54; IC 95 %: 1.35 a 1.76 vs ausencia de efecto en premenopáusicas (HR 1.00; IC 95 %: 0.80 a 1.25)	Asociado a características tumorales adversas	Mortalidad por CM: HR 1.44; IC 95 %: 1.02 a 2.04; P = 0.03 (ajustado por IMC). Incidencia: sin asociación significativa (P = 0.42)
Resultado principal y conclusión	El peso corporal absoluto es mejor predictor de riesgo que el IMC en posmenopausia	La asociación entre adiposidad y CM es específica de la etapa posmenopáusica. En premenopausia el riesgo no se incrementa, lo que refuerza el papel del tejido adiposo como fuente estrogénica tras la menopausia	El IMC alto se asocia con receptor de progesterona bajo/negativo. La obesidad puede influir en biología tumoral generando fenotipos más agresivos	El síndrome metabólico incrementa mortalidad por CM independiente de IMC. La disfunción metabólica es factor pronóstico adverso más allá de la adiposidad

Continúa...

Diseño de estudio	Estudio casos y controles	Transversal analítico	Transversal analítico	Revisión sistemática y metaanálisis
Autor(es) y año	Dashti y col. (2022)	Cho y col. (2021)	Geczik y col. (2022)	Poorolajal y col. (2021)
País	EE. UU.	EE. UU.	Ghana	Irán
Tamaño de muestra	188 casos de CM, 285 controles	196	585	19 413 702 participantes (18 cohortes prospectivas PMW)
Edad (años)	≥ 50	El artículo no reporta la edad media ni el rango de edad en el abstract ni en el texto principal accesible	≥ 50	No especificado
Criterio de menopausia	Amenorrea ≥ 12 meses (criterios WHI)	Amenorrea ≥ 12 meses espontánea, ooforectomía bilateral, o niveles de FSH en rango posmenopáusico en mujeres con histerectomía	FSH > 25.8 UI/L; amenorrea ≥ 12 meses	No especificado por los autores. Variable según cohorte (predominantemente edad ≥ 50 años y/o amenorrea ≥ 12 meses)
IMC (kg/m²)	Casos: 28.4 Controles: 26.8	Media: 29.8 (RIC: 25.8 a 35.2)	Media: 27.8 (DE 5.6); WHR: 0.89 (DE 0.08)	≥ 30 vs < 25
Presencia de obesidad	Obesidad	Obesidad	Obesidad	Obesidad
Niveles de estrógenos	Estradiol libre ↑	No evaluado	Alteración cualitativa: ↓metabolitos 2-OH protectores, ↑metabolitos 16-OH proliferativos	No evaluado
Tipificación de cáncer de mama	RE+ obligatorio (casos); estadio no especificado; predominantemente ductal invasivo	Tejido mamario normal adyacente a CM; subtipos variables del tumor primario (no especificado en análisis transcriptómico)	Casos: RE+, RE-, mixto; controles: sin CM; análisis de metabolismo no específico por subtipo	CM invasivo (todos los subtipos incluidos en metaanálisis)
Método diagnóstico	Confirmación histopatológica WHI; registros médicos validados; IHQ para receptores	Biopsias de tejido mamario durante cirugía; análisis histopatológico de normalidad del tejido	Casos confirmados por histopatología; controles sin historia de CM; registro hospitalario	Registros de cáncer poblacionales; confirmación histopatológica en estudios primarios

Continúa...

Riesgo de cáncer de mama	Elevado (mediado 47 % por estradiol, insulina, leptina, PCR)	Elevado (cambios prooncogénicos locales)	Elevado	Obesidad asociada con mayor riesgo de CM posmenopáusico (RR 1.18; IC 95 %: 1.13 a 1.24; P ≤ 0.001)
Resultado principal y conclusión	El estradiol libre media 29 % del efecto oncogénico; efecto conjunto de biomarcadores 47 %. Un tercio del riesgo opera vía hiperestrogenismo; dos tercios vía vías metabólicas complementarias	Los biomarcadores sistémicos de obesidad correlacionan con transcriptoma prooncogénico mamario. El estado metabólico de obesidad "reprograma" el tejido mamario hacia carcinogénesis	La obesidad altera metabolismo estrogénico: menos metabolitos protectores, más carcinogénicos (ratio 2-OH/16-OH disminuido)	La obesidad incrementa un 18 % el riesgo de CM posmenopáusico. Factor de riesgo modificable consistente en mujeres posmenopáusicas
Diseño de estudio	Aleatorización mendeliana	GWAS+ G×E	Cuasiexperimental	Evidencia textual: opinión de expertos
Autor(es) y año	Hao y col. (2023)	Jung y col. (2021)	Thompson y col. (2021)	Brown, 2021
País	Internacional	EE. UU.	EE. UU.	EE. UU.
Tamaño de muestra	No especificado	16 088	Células CM-RE+ (MCF-7, T47D)	Tamaño no especificado, mujeres posmenopáusicas con CM-RE+
Edad (años)	≥ 50	50 a 79	No aplica	No especificado
Criterio de menopausia	Variable según consorcios GWAS	Amenorrea ≥ 12 meses (criterios WHI); edad 50 -79 años. Muestra restringida a la ascendencia no hispana blanca	No aplica (líneas celulares; contexto posmenopáusico inferido por RE+)	Revisión de literatura (contexto general posmenopáusico)
IMC (kg/m²)	Genéticamente determinado	No especificado	No especificado	No especificado
Presencia de obesidad	Obesidad (genética)	Obesidad	Secretoma de tejido adiposo obeso	Obesidad presente
Niveles de estrógenos	No evaluado	No evaluado	No evaluado	Estrógenos ↑
Tipificación de cáncer de mama	Análisis estratificado: RE+, RE-, todos los CM; mayor efecto causal en RE+	CM invasivo (todos los subtipos); análisis genético no estratificado por subtipo molecular	RE+ (líneas celulares MCF-7 y T47D; Luminal A fenotipo)	RE+ (receptor de estrógeno positivo)
Método diagnóstico	Registros de consorcios GWAS; confirmación histopatológica en estudios fuente	Registros WHI; confirmación por registros médicos y patología	Líneas celulares establecidas (caracterización molecular previa publicada)	Revisión de literatura científica (estudios previos con diversos métodos)

Continúa...

Riesgo de cáncer de mama	Elevado	Elevado (modulado por interacciones genéticas)	Elevado (proliferación celular aumentada)	Elevado
Resultado principal y conclusión	El IMC genéticamente determinado confirma relación causal obesidad→CM-RE+	Las interacciones gen-obesidad modulan susceptibilidad individual al riesgo de CM. Base genética explica por qué algunas mujeres obesas tienen mayor riesgo que otras	El secretoma de tejido adiposo obeso activa vías mTOR y LAT1 en células CM-RE+	La aromatasa en el tejido adiposo es la vía principal de producción estrogénica posmenopáusica. El tejido adiposo obeso produce estrógenos que impulsan el desarrollo de CM-RE+
Diseño de estudio	Evidencia textual: opinión de expertos	Evidencia textual: opinión de expertos	Evidencia textual: opinión de expertos	
Autor(es) y año	Naaman y col. (2022)	Stordal y col. (2024)	Dimauro y col. (2021)	
País	EE. UU.	Reino Unido	Italia	
Tamaño de muestra	No especificado	Tamaño no especificado, mujeres posmenopáusicas	No especificado	
Edad (años)	No especificado	No especificado	No aplica. Evidencia textual: opinión de expertos; edad variable según los estudios primarios revisados	
Criterio de menopausia	No especificado	Revisión de literatura (cese función ovárica)	No aplica. Evidencia textual: opinión de expertos, sin participantes propias; criterios de menopausia variables según los estudios primarios incluidos en la síntesis	
IMC (kg/m²)	Estado posmenopáusico general	IMC alto	No especificado	
Presencia de obesidad	No especificado	Obesidad	Obesidad	
Niveles de estrógenos	Estradiol sérico ↑ Estradiol libre ↑ SHBG ↓	Estrógenos ↑	Estrógenos ↓ SHBG↑ con ejercicio con aeróbico	

Continúa...

CienciaUAT. 20(2): 24-51 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2083

Tipificación de cáncer de mama	RE+ (enfoque en subtipos hormonales)	Predominantemente RE+ (enfoque en subtipos hormonales)	RE+ (enfoque en subtipos hormonales en contexto de prevención)	
Método diagnóstico	Revisión de mecanismos moleculares y estudios epidemiológicos	Revisión de estudios epidemiológicos con diversos métodos diagnósticos	Revisión de ensayos clínicos con diversos métodos diagnósticos	
Riesgo de cáncer de mama	Elevado	Elevado	Disminuido con intervención de ejercicio	
Resultado principal y conclusión	La obesidad genera hiperestrogenismo, hiperinsulinemia y desregulación de adipocinas. El microambiente metabólico de obesidad favorece carcinogénesis mamaria	El tejido adiposo reemplaza al ovario como fuente estrogénica tras menopausia. En posmenopausia, mayor masa adiposa equivale directamente a mayor exposición estrogénica	El ejercicio reduce estrógenos endógenos 10 % a 15 % en mujeres posmenopáusicas. La actividad física modula favorablemente el perfil hormonal reduciendo riesgo	

Abreviaturas: aHR, adjusted hazard ratio (razón de riesgo ajustado); BWHS, Black Women's Health Study (Estudio de Salud de Mujeres Negras); CM, cáncer de mama; DBCG, Danish Breast Cancer Group (Grupo Danés de Cáncer de Mama); dbGaP, database of Genotypes and Phenotypes (Base de datos de Genotipos y Fenotipos); DE, desviación estándar; DXA, absorciometría dual de rayos X; FSH, hormona foliculoestimulante; GWAS, genome-wide association study (estudio de asociación de genoma completo); HER2, receptor 2 del factor de crecimiento epidérmico humano; HR, hazard ratio (razón de riesgo); HR+, receptor hormonal positivo; IA, inhibidores de aromatasa; IC, intervalo de confianza; ICC, índice cintura-cadera; ICD-10, International Classification of Diseases, 10th Revision (Clasificación Internacional de Enfermedades, 10a edición); IHQ, inmunohistoquímica; IMC, índice de masa corporal; LAT1, L-type amino acid transporter 1 (transportador de aminoácidos tipo L1); mTOR, mammalian target of rapamycin (diana de rapamicina en mamíferos); NHS, Nurses' Health Study (Estudio de la Salud de Enfermeras); NWO, normal weight obesity (obesidad de peso normal); OR, odds ratio (razón de momios); PCR, proteína C Reactiva.

CM posmenopáusico (HR 1.15; IC 95 %: 1.00 a 1.32; P = 0.006), mientras que en este mismo análisis el IMC perdió parte de su asociación al considerar la CC (Houghton y col., 2021).

La grasa visceral tiene un mayor efecto que la masa corporal total. La obesidad evidenciada por el porcentaje de grasa corporal en peso normal (IMC < 25 kg/m^2, grasa > 33 %) incrementa la probabilidad de CM posmenopáusico (HR 1.19; IC 95 %: 1.08 a 1.31; P ≤ 0.05), afectando entre el 15 % y el 30 % de las mujeres posmenopáusicas no detectadas por el IMC tradicional (Wang y col., 2025). En este sentido, el peso absoluto podría predecir de forma más eficiente el riesgo de desarrollar CM que el IMC en esta población (Ye y col., 2022).

La obesidad central, más que la obesidad general, evaluada por IMC, se asocia con un fenotipo tumoral más agresivo en mujeres con CM, lo cual es consistente con la superioridad del ICC como predictor de riesgo respecto al IMC (Sampaio-de-Andrade y Postorivo-Nauman, 2023).

Asimismo, Dehesh y col. (2023), plantearon como limitación de su metaanálisis no haber considerado medidas de distribución de grasa como la CC o el ICC, admitiendo que estos indicadores podrían capturar mejor la

adiposidad y su relación con el CM. Por su parte, Silva y col. (2023) indicaron que la adiposidad central fue destacada como posible factor de riesgo independiente en al menos dos estudios de su revisión.

Estrógenos, obesidad y CM

Dashti y col. (2022), en un estudio de casos y controles anidado en una cohorte prospectiva, evaluaron la mediación biológica de la asociación entre obesidad y CM receptor de estrógeno positivo (RE+) específicamente. En este subtipo tumoral, el estradiol libre explicó el 29 % de dicha asociación, mientras que otros biomarcadores, insulina, leptina y proteína C reactiva (PCR) explicaron en conjunto el 47 % del riesgo total mediado biológicamente; aproximadamente un tercio de esta mediación se atribuyó al hiperestrogenismo y los dos tercios restantes a vías metabólicas. Estos porcentajes de mediación son específicos para CM RE+ y no deben extrapolarse a otros subtipos moleculares.

Geczik y col. (2022), en un estudio transversal, las mujeres posmenopáusicas presentaron niveles séricos más altos de estradiol (15.8 pg/mL vs 12.4 pg/mL) y más bajos de globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG, por sus siglas en inglés: Sex Hormone-Binding Globulin) (42.3 nmol/L vs 48.7 nmol/L), lo cual sugiere que la obesidad favorece el aumento de los niveles de estrógenos y altera sus mecanismos a nivel molecular. En las mujeres del estudio que presentaban obesidad, se observaron niveles reducidos de la relación "2-hidroxiestrona/16α-hidroxiestrona" (2-OH/16α-OH), lo que podría favorecer a la formación de metabolitos carcinogénicos en lugar de los protectores.

Macis y col. (2024) descubrieron que la presencia de obesidad (IMC > 30) incrementó el riesgo de CM posmenopáusico en un 71 % en comparación con las mujeres no obesas (HR 1.71; IC 95 %: 1.03 a 2.86; P = 0.04), y que la baja concentración de adiponectina tuvo una participación en este aumento en el riesgo.

Los hallazgos descritos están respaldados por la revisión sistemática de Sampaio-de-Andrade y Postorivo-Nauman (2023), quienes mencionaron que el tejido adiposo contiene altos niveles de la enzima aromatasa, que convierte andrógenos en estrógenos, y que, en mujeres posmenopáusicas obesas el tejido adiposo se puede convertir en la principal fuente de estrógenos circulantes, siendo este el mecanismo central que vincula obesidad con CM RE+. De forma complementaria, Silva y col. (2023) documentaron que, en mujeres con CM RE+ los niveles de estradiol no conjugado pueden actuar como mediador importante en la relación obesidad y CM, y que biomarcadores como insulina en ayuno, leptina y proteína C reactiva se presentaron más elevados en mujeres obesas con este subtipo tumoral, lo cual concuerda precisamente con los porcentajes de mediación biológica reportados por Dashti y col. (2022). Asimismo, Dehesh y col. (2023) revelaron que la reducción de receptores de SHBG en mujeres obesas posmenopáusicas puede ocasionar niveles más altos de estrógeno libre, mecanismo consistente con los valores de SHBG reportados en esta sección.

Mecanismos de acción de estrógenos en tejido adiposo posmenopáusico

La enzima aromatasa en el tejido adiposo convierte los andrógenos suprarrenales androstenediona y testosterona en los estrógenos estrona y estradiol, respectivamente, con una actividad que depende de la cantidad de grasa, lo que podría establecer una asociación positiva entre el IMC y los niveles séricos de estrógeno en mujeres posmenopáusicas, aunque la linealidad de dicha asociación requiere confirmación mediante estudios con medición directa de la actividad enzimática y reporte de coeficientes de correlación con su nivel de significancia (Brown, 2021; Naaman y col., 2022). La aromatasa presente en el tejido adiposo representa el mecanismo central mediante el cual la obesidad eleva los estrógenos circulantes en mujeres posmenopáusicas, ya que la grasa es un tejido metabólicamente activo con alta concentración de esta enzi-

ma (Sampaio-de-Andrade y Postorivo-Nauman, 2023).

La obesidad se puede llegar a asociar con hiperinsulinemia y desregulación de adipocinas, lo que podría contribuir a la generación de un microambiente metabólico favorable para la progresión tumoral. En este contexto, Thompson y col. (2021) observaron, en modelos *in vitro*, que el secretoma de tejido adiposo de individuos con obesidad se asocia con la activación de mTOR y LAT1 en líneas celulares receptoras de estrógeno (MCF-7 y T47D), lo que sugiere un posible aumento en la proliferación celular. Esto concuerda con Silva y col. (2023) quienes documentaron que la obesidad favoreció la carcinogénesis a través del aumento de leptina, ácidos grasos libres y TNF-α, generando hiperinsulinemia crónica y resistencia a la insulina, que promueven la proliferación celular e inhiben la apoptosis, mecanismos que convergen con la activación de mTOR descrita por Thompson y col. (2021). En otra revisión sistemática, se señala que, la disminución de la actividad física en mujeres mayores de 50 años contribuye a reducir los niveles de insulina e IGF-1, factores que en condiciones de obesidad funcionan de manera mitogénica promoviendo el crecimiento celular (Fadhila y col., 2021).

Cho y col. (2021), mediante un análisis transcriptómico de 196 muestras pareadas de sangre y tejido mamario en un diseño transversal analítico, encontraron que los biomarcadores de obesidad se asociaron con un perfil de expresión genética prooncogénico en tejido mamario, incluso en ausencia de lesiones malignas detectables. Este hallazgo es relevante, porque sugiere que la obesidad podría generar un campo de susceptibilidad carcinogénica a nivel molecular antes de que sean detectables cambios histológicos, aunque la naturaleza transversal del diseño impide establecer la dirección temporal de esta asociación.

Es importante señalar que, los estudios transversales incluidos presentan limitaciones, inherentes a su diseño, que restringen la inferencia causal. En particular, los estudios transversales de Cho y col. (2021) y Geczik y col. (2022), miden exposición y desenlace de forma simultánea, por lo que no es posible establecer si la obesidad precede a perfil prooncogénico identificado o viceversa. Thompson y col. (2021), en un estudio *in vitro* aportaron evidencia sobre mecanismos de acción de las vías biológicas implicadas; sin embargo, sus resultados no son directamente extrapolables al contexto clínico humano debido a la simplificación de los sistemas biológicos experimentales y al reducido número de replicados utilizados.

Interacciones genéticas y susceptibilidad individual al riesgo

Jung y col. (2021), mediante un GWAS con análisis G×E en 16 088 mujeres posmenopáusicas de la cohorte WHI (WHI, por sus siglas en inglés: Women's Health Initiative), identificaron 88 polimorfismos de nucleótido único (SNPs, por sus siglas en inglés: Single Nucleotide Polymorphism) distribuidos en 10 *loci* genómicos asociados con los niveles de IL-6 y PCR como marcadores de susceptibilidad inflamatoria al CM. Las variantes más relevantes se localizaron en *loci* de los genes IL6, CRP, HNF1A y LEPR, que regulan la producción basal de citocinas proinflamatorias y su modulación metabólica. La susceptibilidad al CM se modifica mediante dos mecanismos complementarios: el efecto directo de los genotipos de riesgo, que genera un estado proinflamatorio constitutivo capaz de activar las vías JAK/STAT3 y aumentar la expresión de aromatasa en el tejido adiposo mamario; y la amplificación por el fenotipo metabólico de obesidad, que potencia de forma multiplicativa el riesgo genético cuando coexiste con adiposidad visceral elevada. El análisis G×E reveló que la CC y el ICC mostraron interacciones con los genotipos de riesgo más fuertes que el IMC, señalando a la grasa visceral como el componente de la obesidad que amplifica preferentemente el riesgo genético inflamatorio. En sentido contrario, la actividad física regular atenuó el riesgo conferido por los genotipos proinflamatorios, lo que sugiere

que las intervenciones en estilo de vida podrían modular la expresión del riesgo genético. Estos hallazgos indican que la susceptibilidad individual al CM en mujeres posmenopáusicas con obesidad no es uniforme, sino que está determinada por la interacción entre el perfil genético inflamatorio y el microambiente metabólico generado por la adiposidad.

Lee y col. (2025), en una cohorte coreana de más de 10 000 mujeres posmenopáusicas con CM RE+ y HER2-, encontraron que un IMC elevado puede estar asociado con niveles bajos o negativos del receptor de progesterona, sugiriendo que la obesidad puede modificar el comportamiento tumoral y favorecer fenotipos más agresivos.

Schindler y col. (2024) realizaron un estudio de cohorte prospectiva para evaluar cómo la obesidad, la raza y el estadio tumoral influyen en el pronóstico. Los resultados mostraron que la obesidad por sí sola no se asoció de forma independiente con una peor evolución de la enfermedad. Sin embargo, cuando se analizó la combinación de raza y obesidad, las mujeres de raza negra tanto con obesidad (HR 2.19; IC 95 %: 1.06 a 4.51; $P \leq 0.05$) como sin ella (HR 2.11; IC 95 %: 1.05 a 4.21; $P \leq 0.05$) presentaron aproximadamente el doble de riesgo de progresión de la enfermedad en estadios tempranos (0-II), en comparación con mujeres no negras con obesidad. Dehesh y col. (2023) son quienes más directamente abordan la variabilidad geográfica y poblacional en la asociación entre obesidad y CM, reportando que las mujeres asiáticas posmenopáusicas obesas tienen un riesgo considerablemente mayor (OR = 1.49; IC 95 %: 1.32 a 1.69; $P \leq 0.000\ 1$) que las europeas (OR = 1.10; IC 95 %: 0.97 a 1.25; P = 0.000 1 para heterogeneidad; asociación no significativa), lo cual sugiere que, factores genéticos y de origen genético modifican la magnitud de esta asociación, similar con lo planteado por Schindler y col. (2024) respecto a las diferencias por raza; aunque el estado menopáusico no se mencionó explícitamente como variable en este último estudio, el grupo de edad de ≥ 60 años, que concentra los hallazgos más importantes, presenta una prevalencia de menopausia natural superior al 95 % según datos poblacionales. Por ello, sus resultados son relevantes en el contexto de esta revisión con la cautela correspondiente (Tabla 3).

Implicaciones pronósticas y respuesta terapéutica

A una muestra de 13 230 mujeres posmenopáusicas y con cáncer RE+ se le administró un tratamiento con inhibidores de aromatasa (Harborg y col., 2023). Se observó que las mujeres con obesidad (IMC 30 kg/m^2 a 34.9 kg/m^2) presentaron un incremento del 18 % en la tasa de recurrencia (HR 1.18; IC 95 %: 1.01 a 1.37; $P \leq 0.05$) y las mujeres con obesidad severa (IMC ≥ 35 kg/m^2) un incremento del 32 % (HR 1.32; IC 95 %: 1.08 a 1.62; $P \leq 0.05$), ambas en comparación con las mujeres con peso normal que recibieron el mismo tratamiento. Los investigadores propusieron que el tejido adiposo en exceso mantiene una producción residual de estrógenos mediante la actividad de la enzima aromatasa, lo que compromete la eficacia de los inhibidores de aromatasa al contrarrestar parcialmente su mecanismo de acción. Este hallazgo es clínicamente relevante porque sugiere que la obesidad no solo incrementa el riesgo de desarrollar CM, sino que además compromete la respuesta al tratamiento hormonal en mujeres ya diagnosticadas. Shirdarreh y Pezo (2021) reportaron en su revisión sistemática sobre inhibidores de aromatasa, que 5 de 8 estudios analizados sugieren un impacto negativo de la obesidad sobre la eficacia de estos fármacos, particularmente anastrozol, donde las mujeres con IMC elevado presentaron mayor riesgo de recurrencia.

El síndrome metabólico incrementa la mortalidad independientemente del IMC (HR 1.44; IC 95 %: 1.02 a 2.04; P = 0.03), lo que indica que la disfunción metabólica en sí misma determina un pronóstico adverso para el CM (Chlebowski y col., 2024).

Dentro de las terapias propuestas, se ha encontrado que el ejercicio físico reduce los ni-

 CienciaUAT. 20(2): 24-51 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2083

veles de estrógenos endógenos en un 10 % a 15 % y aumenta la SHBG entre 10 % y 20 %, lo cual ha sido demostrado de forma clínica (Dimauro y col., 2021). Estos datos son consistentes con la revisión sistemática de Sampaio-de-Andrade y Postorivo-Nauman (2023), en donde se menciona que la pérdida de peso, incluyendo la cirugía bariátrica, se asocia con reducción del riesgo de CM, y que la actividad física combinada con dieta equilibrada constituye una medida preventiva con evidencia creciente.

Una mayor expresión de LEPR (receptores de la hormona leptina) en los tumores mamarios se ha relacionado con una mayor masa grasa corporal, lo que ha permitido establecer un vínculo molecular entre la adiposidad y la señalización de leptina (Llanos y col., 2022). Además, proteínas relacionadas con la obesidad (inflamación crónica de bajo grado) han servido también como biomarcadores de riesgo, ya que indican una desregulación inflamatoria y metabólica (Diao y col., 2021). La evidencia científica mostró que otros bio-marcadores inflamatorios (como la proteína C reactiva, interleucina-6 y especies reactivas de oxígeno) se correlacionan positivamente con el estadio tumoral en mujeres RE+, respaldando el papel de la inflamación crónica de bajo grado como determinante pronóstico descrito (Silva y col., 2023).

La obesidad abdominal y el síndrome metabólico se pueden asociar con un pronóstico de supervivencia (Taroeno-Hariadi y col., 2022), mientras que la prostaglandina E2 (PGE2) surge como un mediador lipídico inflamatorio adicional en la carcinogénesis asociada a la obesidad (Kim y col., 2023). En las revisiones sistemáticas analizadas no se abordan específicamente la prostaglandina E2 como mediador lipídico inflamatorio ni la expresión de LEPR como biomarcador molecular de adiposidad tumoral, por lo que estos elementos representan contribuciones más recientes y específicas a nivel de mecanismos de acción, que amplían el marco explicativo disponible en las revisiones de referencia.

Implicaciones clínicas potenciales y líneas emergentes

La siguiente sección no constituye recomendaciones clínicas formales, sino una síntesis exploratoria basada en evidencia emergente, orientada a identificar áreas prioritarias para el diseño de futuras intervenciones e investigaciones con enfoque metabólico y nutricional.

La intervención sobre el estilo de vida constituye la estrategia con mayor respaldo en la literatura para reducir la exposición estrogénica endógena en mujeres posmenopáusicas con obesidad. El ejercicio físico regular ha demostrado reducir los niveles de estrógenos endógenos y aumentar la SHBG, mecanismos directamente relacionados con la reducción del riesgo de CM RE+ (Dimauro y col., 2021). Por su parte, Wiggs y col. (2021), refuerzan esta evidencia al documentar que tanto la dieta como el ejercicio físico modulan de forma sinérgica los niveles de estrógenos endógenos y el perfil metabólico en mujeres posmenopáusicas, con efectos favorables sobre los principales biomarcadores de riesgo oncológico, incluyendo la insulina, la leptina y la adiponectina.

El patrón dietético mediterráneo, con restricción calórica moderada, ha mostrado efectos favorables sobre el perfil hormonal y metabólico en mujeres posmenopáusicas, incluyendo reducción de estrógenos circulantes, mejora de la sensibilidad a la insulina y modulación del perfil de adipocinas (Marino y col., 2023). En una revisión integral sobre riesgo y prevención de CM se señala que las intervenciones dietéticas orientadas a reducir la adiposidad y la inflamación crónica constituyen una de las estrategias preventivas con mayor potencial en mujeres posmenopáusicas, y destacan la necesidad de ensayos clínicos aleatorizados que evalúen patrones dietéticos específicos en relación con biomarcadores estrogénicos y de riesgo oncológico (Stordal y col., 2024).

Compuestos bioactivos presentes en alimentos como el resveratrol, los ácidos grasos omega-3

y los índoles derivados de vegetales crucíferos han mostrado, en estudios preclínicos y algunos ensayos clínicos, capacidad para modular vías relacionadas con el riesgo de CM. En particular, el resveratrol ha demostrado en modelos CM RE+ inhibir la actividad de la aromatasa y reducir la proliferación celular estrógeno dependiente mediante la modulación del metabolismo esteroideo (Poschner y col., 2018). Un ensayo clínico piloto en mujeres posmenopáusicas con IMC elevado (IMC ≥ 25 kg/m^2) reportó que la suplementación con resveratrol aumentó en un 10 % los niveles de SHBG y en un 73 % la excreción urinaria de 2-hidroxiestrona, favoreciendo el ratio 2-OH/16α-OH hacia la vía protectora del metabolismo estrogénico (Chow y col., 2014). Los ácidos grasos omega-3 han mostrado capacidad para modular biomarcadores de riesgo de CM en mujeres posmenopáusicas con hiperplasia citológica en estudios piloto de fase II (Fabian y col., 2015). Los indoles derivados de vegetales crucíferos, en particular el indol-3-carbinol (I3C) y su metabolito activo diindolilmetano (DIM), han mostrado efectos antiestrogénicos y antiangiogénicos en modelos preclínicos de CM (Licznerska y col., 2013). Sin embargo, la evidencia clínica en mujeres posmenopáusicas con CM asociado a obesidad es aún limitada, proviene principalmente de estudios piloto de pequeño tamaño muestral, y no permite establecer recomendaciones de uso rutinario fuera de un contexto de investigación controlada.

Amadou y col. (2024), en una cohorte de mujeres posmenopáusicas, demostraron que los fenotipos de composición corporal basados en múltiples variables antropométricas, más allá del IMC aislado, ofrecen una caracterización más precisa del riesgo de CM, identificando patrones de distribución de grasa con implicaciones causales distintas. Como se ha discutido en secciones anteriores, el IMC presenta limitaciones importantes como único indicador de adiposidad, al no distinguir entre masa grasa, masa muscular ni distribución regional de la grasa corporal. La evaluación directa de la composición corporal mediante la absorciometría dual de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés: Dual-energy X-ray Absorptiometry) ha mostrado asociaciones más precisas con el riesgo de CM posmenopáusico que las medidas antropométricas convencionales. En un análisis de 10 931 mujeres posmenopáusicas de la cohorte WHI, la masa grasa total y la masa grasa del tronco medidas por DXA se asociaron con el doble de riesgo de CM invasivo (HR 2.17; IC 95 %: 1.54 a 3.05 y HR 2.20; IC 95 %: 1.55 a 3.14, respectivamente) en comparación con el quintil inferior, asociaciones que persistieron tras el ajuste por IMC y otros factores convencionales de riesgo (Arthur y col., 2020). En este contexto, la bioimpedancia eléctrica (BIA, por sus siglas en inglés: Bioelectrical Impedance Analysis) ha sido validada como método alternativo para la evaluación de la composición corporal en mujeres con CM, demostrando que es posible adaptar sus parámetros a los resultados obtenidos por DXA mediante relaciones matemáticas establecidas, lo que facilita su uso en contextos clínicos con recursos limitados (Baş y col., 2023). La incorporación sistemática de estas herramientas en estudios futuros sobre riesgo de CM permitiría superar las limitaciones del IMC como única métrica de adiposidad, documentadas en varios estudios de esta revisión (Houghton y col., 2021; Ye y col., 2022; Wang y col., 2025) e identificar con mayor precisión el umbral y la distribución de adiposidad a partir de los cuales, el riesgo oncológico se incrementa de forma significativa, una brecha de conocimiento identificada en la literatura reciente sobre obesidad y CM posmenopáusico.

El monitoreo de biomarcadores séricos que reflejan el estado hormonal, metabólico e inflamatorio representa una línea de investigación prometedora para la estratificación del riesgo y la evaluación de la eficacia de intervenciones en mujeres posmenopáusicas con obesidad. Entre los biomarcadores con mayor sustento en la literatura se encuentran el estradiol libre (Geczik y col., 2022) y la SHBG como indicadores del microambiente estrogénico (Dashti y col., 2022), la insulina en ayuno y el índice HOMA-IR como marcadores de re-

sistencia insulínica (Macis y col., 2024), la proteína C reactiva ultrasensible como indicador de inflamación crónica de bajo grado (Diao y col., 2021), y la leptina y la adiponectina como representantes del perfil de adipocinas con mayor implicación en la carcinogénesis mamaria (Llanos y col., 2022; Macis y col., 2024). Naaman y col. (2022) enfatizan que la integración de estos biomarcadores en un panel multiparamétrico permitiría capturar de forma más completa la complejidad del microambiente metabólico-hormonal que subyace a la asociación entre obesidad y CM, superando las limitaciones de los enfoques basados en indicadores antropométricos aislados.

Limitaciones del estudio

La revisión sistemática presenta varias limitaciones relevantes para la interpretación de sus hallazgos. En primer lugar, el protocolo no fue registrado en PROSPERO u otro repositorio, lo que limita la transparencia y trazabilidad; sin embargo, se documentaron detalladamente los métodos siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020 (Page y col., 2021). En segundo lugar, la alta heterogeneidad entre los estudios impidió realizar un metaanálisis. Esta heterogeneidad se manifestó a nivel clínico (diversas definiciones de exposición, desenlaces y características poblacionales), metodológico (coexistencia de diseños como cohortes, estudios transversales, aleatorización mendeliana y estudios genómicos) y estadístico (variabilidad en los estimadores y covariables de ajuste).

En tercer lugar, no se calculó un estadístico formal de concordancia entre revisores durante la evaluación de calidad, aunque se aplicaron herramientas validadas de manera independiente y las discrepancias se resolvieron por consenso. Además, la restricción de la búsqueda al periodo 2019 a 2025 pudo introducir sesgos debido a la cobertura temporal.

La inclusión de Schindler y col. (2024), cuya cohorte abarca mujeres a partir de los 18 años y que no especifica el estado menopáusico como criterio de inclusión ni como variable de análisis, se justifica porque los hallazgos más relevantes se concentran en el grupo de edad ≥ 60 años, donde la prevalencia de menopausia natural supera el 95 %. Además, este grupo presentó la interacción raza-obesidad estadísticamente significativa. Por ello, se recomienda que los resultados se interpreten con cautela respecto a su aplicabilidad solo a mujeres posmenopáusicas, y además, sus hallazgos sobre la interacción raza-obesidad en el pronóstico del CM deben considerarse como evidencia complementaria, no como evidencia principal de riesgo en mujeres posmenopáusicas.

De los 23 estudios incluidos, 15 no midieron directamente los niveles de estrógenos, ni biomarcadores del metabolismo estrogénico, lo cual limita la capacidad de la síntesis para establecer una relación completa entre adiposidad, desregulación estrogénica y riesgo de CM en todos los estudios. Esta limitación es propia de los diseños de cohortes prospectivas a gran escala, en las que la medición sistemática de biomarcadores séricos no suele estar en el protocolo inicial. Sin embargo, los nueve estudios que sí midieron estos parámetros, incluyendo análisis de mediación causal, estudios transcriptómicos y ensayos clínicos, ofrecen evidencia de mecanismos moleculares que complementan los datos epidemiológicos. Esto representa una fortaleza de la síntesis narrativa, ya que integra diferentes niveles de evidencia para una comprensión más integral del fenómeno.

CONCLUSIONES

En conjunto, los hallazgos de esta revisión sistemática demuestran que, la obesidad posmenopáusica, evaluada más allá del IMC mediante métricas de composición corporal y biomarcadores, se asocia con alteraciones en el microambiente estrogénico, resistencia a la insulina e inflamación crónica de bajo grado, factores que convergen en la promoción de la carcinogénesis mamaria. La evidencia respalda la noción de que el tejido adiposo no actúa únicamente como reservorio energético, sino co-

mo un órgano endocrino activo que contribuye a la producción periférica de estrógenos mediante la actividad de la aromatasa y la modulación de adipocinas (leptina y adiponectina) y mediadores inflamatorios (IL-6 y la PCR), cuyas variantes genéticas modulan adicionalmente la susceptibilidad al riesgo. Los resultados de la presente revisión permiten afirmar que la relación obesidad-CM en mujeres posmenopáusicas no es uniforme ni exclusivamente mediada por el hiperestrogenismo, sino que involucra al menos tres vías paralelas e interconectadas: la vía estrogénica mediada por aromatasa, la vía metabólica mediada por hiperinsulinemia y resistencia a la insulina, y vía inflamatoria mediada por adipocinas y citocinas proinflamatorias. Dicha distinción tiene implicaciones directas para el diseño de estrategias de prevención, ya que sugiere que intervenciones dirigidas exclusivamente a reducir el IMC podrían ser insuficientes si no abordan simultáneamente la disfunción metabólica y el estado inflamatorio subyacente. Respecto a las intervenciones, la evidencia disponible en el período revisado (2019 a 2025) sugiere que la modificación del estilo de vida, incluyendo patrones dietéticos con componentes antiinflamatorios y actividad física regular podría modular algunos de los mecanismos identificados; sin embargo, esta afirmación debe matizarse ante la ausencia de ensayos clínicos aleatorizados de alta calidad que evalúen específicamente el efecto de dichas intervenciones sobre el riesgo de CM posmenopáusico en mujeres con obesidad. Los estudios disponibles son predominantemente observacionales, con una heterogeneidad metodológica sustancial en las métricas de adiposidad empleadas y en los desenlaces evaluados, lo que limita la generalización de los resultados y la formulación de recomendaciones clínicas específicas. Las brechas de conocimiento identificadas señalan la necesidad de estudios longitudinales prospectivos y ensayos clínicos aleatorizados que: incorporen herramientas de evaluación de la composición corporal más allá del IMC, como DXA y BIA; incluyan paneles de biomarcadores séricos que capturen simultáneamente las vías estrogénica, metabólica e inflamatoria; y representen adecuadamente a poblaciones de diversas ascendencias, dada la variabilidad genética en la susceptibilidad al riesgo documentada por los estudios de asociación genómica incluidos en esta revisión. En suma, la evidencia sintetizada apoya que el abordaje de la obesidad desde una perspectiva metabólico-hormonal integral constituye una dirección prometedora para avanzar en la prevención personalizada del CM posmenopáusico, con la condición de que las estrategias específicas sean validadas mediante investigación de mayor nivel de evidencia.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Amadou, A., Freisling, H., Sedlmeier, A. M., Bohmann, P., Fontvieille, E., Weber, A., Konzok, J., Stein, M. J., Peruchet-Noray, L., Jansana, A., Noh, H., His, M., Gan, Q., Baurecht, H., & Fervers, B. (2024). Multi-trait body shape phenotypes and breast cancer risk in postmenopausal women: A causal mediation analysis in the UK Biobank Cohort. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 14(2), 420-432. https://doi.org/10.1007/s44197-024-00226-4

Aromataris, E., Fernandez, R., Godfrey, C. M., Holly, C., Khalil, H., & Tungpunkom, P. (2015). Summarizing systematic reviews: Methodological development, conduct and reporting of an umbrella review approach. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 132-140. https:/doi.org/10.1097/XEB.0000000000000055

Arthur, R. S., Xue, X., Kamensky, V., Chlebowski, R. T., Simon, M., Luo, J., Shadyab, A. H., Neuhouser, M. L., Banack, H., Ho, G. Y. F., Lane, D. S., Pan,

K., Reding, K. W., Wassertheil-Smoller, S., Dannenberg, A. J., & Rohan, T. E. (2020). The association between DXA-derived body fat measures and breast cancer risk among postmenopausal women in the Women's Health Initiative. *Cancer Medicine*, 9(4), 1581-1599. https://doi.org/10.1002/cam4.2690

Barker, T. H., Habibi, N., Aromataris, E., Stone, J. C., Leonardi-Bee, J., Sears, K., Hasanoff, S., Klugar, M., Tufanaru, C., Moola, S., & Munn, Z. (2024). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for quasi-experimental studies. *JBI Evidence Synthesis*, 22(3), 378-388. https://doi.org/10.11124/JBIES-23-00268

Barker, T. H., Hasanoff, S., Aromataris, E., Stone, J. C., Leonardi-Bee, J., Sears, K., Habibi, N., Klugar, M., Tufanaru, C., Moola, S., Liu, X. L., & Munn, Z. (2025). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for cohort studies. *JBI Evidence Synthesis*, 23(3), 441-453. https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00103

Barker, T. H., Hasanoff, S., Aromataris, E., Stone, J. C., Leonardi-Bee, J., Sears, K., Klugar, M., Tufanaru, C., Moola, S., Liu, X. L., & Munn, Z. (2026). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for analytical cross-sectional studies. *JBI Evidence Synthesis*, 24(3), 401-408. https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00523

Barker, T. H., Stone, J. C., Sears, K., Klugar, M., Tufanaru, C., Leonardi-Bee, J., Aromataris, E., & Munn, Z. (2023). The revised JBI critical appraisal tool for the assessment of risk of bias for randomized controlled trials. *JBI Evidence Synthesis*, 21(3), 494-506. https://doi.org/10.11124/JBIES-22-00430

Baş, D., Arıbal, M. E., Vardareli, E., Sönmez, Ö., Oyan, B., Özden, B. Ç., & Sonkaya, A. (2023). Validation of bioelectrical impedance analysis in the evaluation of body composition in patients with breast cancer. *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 38(4), 817-829. https://doi.org/10.1002/ncp.10947

Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., & Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians,* 74(3), 229-263. https://doi.org/10.3322/caac.21834

Brown, K. A. (2021). Metabolic pathways in obesity-related breast cancer. *Nature Reviews. Endocrinology*, 17(6), 350-363. https://doi.org/10.1038/s41574-021-00487-0

Cao, Y., Xia, B., Zhang, Z., Hu, D., Huang, X., Yuan, J., & Li, F. (2023). Association of body fat distribution and risk of breast cancer in pre- and postmenopausal women. *Obesity Facts*, 16(4), 356-363. https://doi.org/10.1159/000529834

Chlebowski, R. T., Aragaki, A. K., Pan, K., Simon, M. S., Neuhouser, M. L., Haque, R., Rohan, T. E., Wactawski-Wende, J., Orchard, T. S., Mortimer, J. E., Lane, D., Kaunitz, A. M., Desai, P., Wild, R. A., Barac, A., & Manson, J. E. (2024). Breast cancer incidence and mortality by metabolic syndrome and obesity: The Women's Health Initiative. *Cancer*, 130(18), 3147-3156. https://doi.org/10.1002/cncr.35318

Cho, B. A., Iyengar, N. M., Zhou, X. K., Morrow, M., Giri, D. D., Verma, A., Elemento, O., Pollak, M., & Dannenberg, A. J. (2021). Blood biomarkers reflect the effects of obesity and inflammation on the human breast transcriptome. *Carcinogenesis*, 42(10), 1281-1292. https://doi.org/10.1093/carcin/bgab066

Chow, H. H. S., Garland, L. L., Heckman-Stoddard, B. M., Hsu, C.-H., Butler, V. D., Cordova, C. A., Chew, W. M., & Cornelison, T. L. (2014). A pilot clinical study of resveratrol in postmenopausal women with high body mass index: Effects on systemic sex steroid hormones. *Journal of Translational Medicine,* 12(1), 223. https://doi.org/10.1186/s12967-014-0223-0

Dashti, S. G., Simpson, J. A., Viallon, V., Karahalios, A., Moreno-Betancur, M., Brasky, T., Pan, K., Rohan, T. E., Shadyab, A. H., Thomson, C. A., Wild, R. A., Wassertheil-Smoller, S., Ho, G. Y. F., Strickler, H. D., English, D. R., & Gunter, M. J. (2022). Adiposity and breast, endometrial, and colorectal cancer risk in postmenopausal women: Quantification of the mediating effects of leptin, C-reactive protein, fasting insulin, and estradiol. *Cancer Medici-*

ne, 11(4), 1145-1159. https://doi.org/10.1002/cam4.4434

Dehesh, T., Fadaghi, S., Seyedi, M., Abolhadi, E., Ilaghi, M., Shams, P., Ajam, F., Mosleh-Shirazi, M. A., & Dehesh, P. (2023). The relation between obesity and breast cancer risk in women by considering menstruation status and geographical variations: A systematic review and meta-analysis. *BMC Women's Health,* 23(1), 392. https://doi.org/10.1186/s12905-023-02543-5

Diao, S., Wu, X., Zhang, X., Hao, Y., Xu, B., Li, X., Tian, L., Miao, Y., Zhao, X., Ye, F., & Li, J. (2021). Obesity-related proteins score as a potential marker of breast cancer risk. *Scientific Reports,* 11(1), 8230. https://doi.org/10.1038/s41598-021-87583-3

Dimauro, I., Grazioli, E., Antinozzi, C., Duranti, G., Arminio, A., Mancini, A., Greco, E. A., Caporossi, D., Parisi, A., & Di Luigi, L. (2021). Estrogen-receptor-positive breast cancer in postmenopausal women: The role of body composition and physical exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9834. https://doi.org/10.3390/ijerph18189834

Fabian, C. J., Kimler, B. F., & Hursting, S. D. (2015). Omega-3 fatty acids for breast cancer prevention and survivorship. *Breast Cancer Research,* 17(1), 62. https://doi.org/10.1186/s13058-015-0571-6

Fadhila, S. N., Murti, B., & Widyaningsih, V. (2021). Overweight and obesity as risk factors of breast cancer in premenopausal and postmenopausal women: Meta-analysis. *Journal of Maternal and Child Health*, 6(6), 678-689. https://doi.org/10.26911/thejmch.2021.06.06.06

Gathirua-Mwangi, W. G., Palmer, J. R., Champion, V., Castro-Webb, N., Stokes, A. C., Adams-Campbell, L., Marley, A. R., Forman, M. R., Rosenberg, L., & Bertrand, K. A. (2022). Maximum and time-dependent body mass index and breast cancer incidence among postmenopausal women in the Black Women's Health Study. *American Journal of Epidemiology,* 191(4), 646-654. https://doi.org/10.1093/aje/kwac004

GBD 2023 Cancer Collaborators (2025). The global, regional, and national burden of cancer, 1990-2023, with forecasts to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *Lancet*, 406(10512), 1565-1586. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01635-6

Geczik, A. M., Falk, R. T., Xu, X., Ansong, D., Yarney, J., Wiafe-Addai, B., Edusei, L., Dedey, F., Vanderpuye, V., Titiloye, N., Adjei, E., Aitpillah, F., Osei-Bonsu, E., Oppong, J., Biritwum, R., Nyarko, K., Wiafe, S., Awuah, B., Clegg-Lamptey, J. N., ..., & Trabert, B. (2022). Measured body size and serum estrogen metabolism in postmenopausal women: The Ghana Breast Health Study. *Breast Cancer Research: BCR*, 24(1), 9. https://doi.org/10.1186/s13058-022-01500-8

Hao, Y., Xiao, J., Liang, Y., Wu, X., Zhang, H., Xiao, C., Zhang, L., Burgess, S., Wang, N., Zhao, X., Kraft, P., Li, J., & Jiang, X. (2023). Reassessing the causal role of obesity in breast cancer susceptibility: A comprehensive multivariable Mendelian randomization investigating the distribution and timing of exposure. *International Journal of Epidemiology*, 52(1), 58-70. https://doi.org/10.1093/ije/dyac143

Harborg, S., Cronin-Fenton, D., Jensen, M. R., Ahern, T. P., Ewertz, M., & Borgquist, S. (2023). Obesity and risk of recurrence in patients with breast cancer treated with aromatase inhibitors. *JAMA Network Open*, 6(10), e2337780. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.37780

Houghton, S. C., Eliassen, H., Tamimi, R. M., Willett, W. C., Rosner, B. A., & Hankinson, S. E. (2021). Central adiposity and subsequent risk of breast cancer by menopause status. *Journal of the National Cancer Institute*, 113(7), 900-908. https://doi.org/10.1093/jnci/djaa197

Ioannides, S. J., Barlow, P. L., Elwood, J. M., & Porter, D. (2014). Effect of obesity on aromatase inhibitor efficacy in postmenopausal, hormone receptor-positive breast cancer: a systematic review. *Breast Cancer Research and Treatment*, 147(2), 237-248. https://doi.org/10.1007/s10549-014-3091-7

Jung, S. Y., Scott, P. A., Papp, J. C., Sobel, E. M., Pellegrini, M., Yu, H., Han, S., & Zhang, Z. F. (2021). Genome-wide association analysis of proin-

flammatory cytokines and gene-lifestyle interaction for invasive breast cancer risk: The WHI dbGaP Study. *Cancer Prevention Research (Philadelphia, Pa.)*, 14(1), 41-54. https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-20-0256

Kim, S., Campbell, J., Yoo, W., Taylor, J. A., & Sandler, D. P. (2023). Data from systemic levels of estrogens and PGE2 synthesis in relation to postmenopausal breast cancer risk. American Association for Cancer Research. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.1158/1055-9965.c.6600537.v1. Fecha de consulta: 4 de noviembre de 2025.

Klintman, M., Rosendahl, A. H., Randeris, B., Eriksson, M., Czene, K., Hall, P., & Borgquist, S. (2022). Postmenopausal overweight and breast cancer risk; results from the KARMA cohort. *Breast Cancer Research and Treatment*, 196 (1), 185-196. https://doi.org/10.1007/s10549-022-06664-7

Lee, J., Bae, S. J., Kim, H. K., Nam, S. J., Kim, H. J., Bae, S. Y., Park, H. Y., Ko, B. K., Park, J. H., Kwon, Y., Park, Y., Baek, S. H., Kook, Y., Kim, S., Lim, Y. A., Kang, H. J., Kim, D., Jeong, J., & Ahn, S. G. (2025). Body mass index and progesterone receptor in postmenopausal ER-positive/HER2-negative breast cancer: A nation-wide study in Korean breast cancer society and the multi-institutional cohort. *Breast (Edinburgh, Scotland)*, 82, 104515. https://doi.org/10.1016/j.breast.2025.104515

Licznerska, B. E., Szaefer, H., Murias, M., Bartoszek, A., & Baer-Dubowska, W. (2013). Modulation of CYP19 expression by cabbage juices and their active components: indole-3-carbinol and 3,3'-diindolylmethene in human breast epithelial cell lines. *European Journal of Nutrition*, 52(5), 1483-1492. https://doi.org/10.1007/s00394-012-0455-9

Little, J., Higgins, J. P. T., Ioannidis, J. P. A., Moher, D., Gagnon, F., von-Elm, E., Khoury, M. J., Cohen, B., Davey-Smith, G., Grimshaw, J., Scheet, P., Gwinn, M., Williamson, R. E., Zou, G. Y., Hutchings, K., Johnson, C. Y., Tait, V., Wiens, M., Infante-Rivar, C., Golding, J., ..., & Birkett, N. (2009). STrengthening the REporting of Genetic Association Studies (STREGA): an extension of the STROBE statement. *PLoS Medicine*, 6(2), e22. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000022

Llanos, A. A. M., Aremu, J. B., Cheng, T. D., Chen, W., Chekmareva, M. A., Cespedes Feliciano, E. M., Qin, B., Lin, Y., Omene, C., Khoury, T., Hong, C. C., Yao, S., Ambrosone, C. B., Bandera, E. V., & Demissie, K. (2022). Greater body fatness is associated with higher protein expression of LEPR in breast tumor tissues: A cross-sectional analysis in the Women's Circle of Health Study. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 879164. https://doi.org/10.3389/fendo.2022.879164

Łukasiewicz, S., Czeczelewski, M., Forma, A., Baj, J., Sitarz, R., & Stanisławek, A. (2021). Breast cancer-epidemiology, risk factors, classification, prognostic markers, and current treatment strategies-an updated review. *Cancers*, 13(17), 4287. https://doi.org/10.3390/cancers13174287

Macis, D., Bellerba, F., Aristarco, V., Johansson, H., Guerrieri-Gonzaga, A., Lazzeroni, M., Sestak, I., Cuzick, J., De-Censi, A., Bonanni, B., & Gandini, S. (2024). A mediation analysis of obesity and adiponectin association with postmenopausal breast cancer risk: A nested cohort study in the International Breast Cancer Intervention Study II (IBIS-II) Prevention Trial. *Nutrients*, 16(13), 2098. https://doi.org/10.3390/nu16132098

Marino, P., Pepe, G., Basilicata, M. G., Vestuto, V. Marzocco, S., Autore, G., Procino, A., Gomez-Monterrey, I. M., Manfra, M., & Campiglia, P. (2023). Potential role of natural antioxidant products in oncological diseases. *Antioxidants*, 12(3), 704.

McArthur, A., Cooper, A., Edwards, D., Klugarova, J., Yan, H., Barber, B. V., Gregg, E. E., Weeks, L. E., & Jordan, Z. (2025). Textual evidence systematic reviews series paper 3: critical appraisal of evidence from narrative, opinion, and policy. *JBI Evidence Synthesis*, 23(5), 833-839. https://doi.org/10.11124/JBIES-24-00293

Mehmood, S., Yasin, A., Ahmad, I., Abiha Rabab, S., & Muhammad-Soomar, A. (2022). Relationship between obesity, menopausal status and breast cancer risks - A review: Obesity, menopausal status and breast cancer risks. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 02-07. https://doi.org/10.54393/pjhs.v3i07.432

Mejia-Montilla, J., Reyna-Villasmil, N. y Reyna-Villasmil, E. (2022). Sobrepeso, obesidad y cáncer de mama. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, 82(04), 499-510. https://doi.org/10.51288/00820414

Mérida-Ortega, Á., Rothenberg, S. J., Cebrián, M. E., & López-Carrillo, L. (2022). Breast cancer and urinary metal mixtures in Mexican women. *Environmental Research,* 210(112905), 112905. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112905

Mérida-Ortega, Á., Gennings, C., Rothenberg, S. J., Cebrián, M. E., & López-Carrillo, L. (2023). Breast cancer molecular subtypes and supervised analysis of urinary metal mixtures in Mexican women. *Exposure & Health,* 15(4), 903-913. https://doi.org/10.1007/s12403-022-00532-x

Moola, S., Munn, Z., Tufanaru, C., Aromataris, E., Sears, K., Sfetc, R., Currie, M., Lisy, K., Qureshi, R., Mattis, P., & Mu, P. F. (2020). Chapter 7: Systematic reviews of etiology and risk. In JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI.

Naaman, S. C., Shen, S., Zeytinoglu, M., & Iyengar, N. M. (2022). Obesity and breast cancer risk: The oncogenic implications of metabolic dysregulation. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 107(8), 2154-2166. https://doi.org/10.1210/clinem/dgac241

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

Poorolajal, J., Heidarimoghis, F., Karami, M., Cheraghi, Z., Gohari-Ensaf, F., Shahbazi, F., Zareie, B., Ameri, P., & Sahraee, F. (2021). Factors for the primary prevention of breast cancer: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of Research in Health Sciences*, 21(3), e00520. https://doi.org/10.34172/jrhs.2021.57

Poschner, S., Maier-Salamon, A., Zehl, M., Wackerlig, J., Dobusch, D., Meshcheryakova, A., Mechtcheriakova, D., Thalhammer, T., Pachmann, B., & Jäger, W. (2018). Resveratrol inhibits key steps of steroid metabolism in a human estrogen-receptor positive breast cancer model: Impact on cellular proliferation. Frontiers in Pharmacology, 9, 742. https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00742

Richardson, J., Loyola-Sanchez, A., Sinclair, S., Harris, J., Letts, L., MacIntyre, N. J., Wilkins, S., Burgos-Martinez, G., Wishart, L., McBay, C., & Martin-Ginis, K. (2014). Self-management interventions for chronic disease: A systematic scoping review. *Clinical Rehabilitation,* 28(11), 1067-1077. https://doi.org/10.1177/0269215514532478

Sampaio-de-Andrade, A., & Postorivo-Nauman, J. V. (2023). Obesity as a risk factor for developing breast cancer: systematic review. *Salud Integral y Comunitaria*, 1, 65. https://doi.org/10.62486/sic202365

Schindler, E. A., Takita, C., Collado-Mesa, F., Reis, I. M., Zhao, W., Yang, G. R., Acosta, L. G., & Hu, J. J. (2024). The interrelationship between obesity and race in breast cancer prognosis: A prospective cohort study. *BMC Women's Health*, 24(1), 312. https://doi.org/10.1186/s12905-024-03020-3

Shirdarreh, M. & Pezo, R. C. (2021). Impact of obesity on clinical outcomes in hormone receptor-positive breast cancer: A systematic review. *Breast Cancer (Tokyo, Japan),* 28(3), 755-764. https://doi.org/10.1007/s12282-020-01213-w

Silva, J. G., Cordeiro, G. G. S., Costa, F. B. S., Brock, Y. B., Andrade, A. B. de, Cardoso, H. M. V. L., Alves, J. R. A., Pereira, I. M. M., Figueredo, E. P. R., & Vasconcelos, A. S. de. (2023). Associação entre subtipos intrínsecos de câncer de mama e IMC elevado: revisão sistemática. *Scire Salutis*, 13(2), 113-125. https://doi.org/10.6008/cbpc2236-9600.2023.002.0010

Skrivankova, V. W., Richmond, R. C., Woolf, B. A. R., Yarmolinsky, J., Davies, N. M., Swanson, S. A., VanderWeele, T. J., Higgins, J. P. T., Timpson, N. J., Dimou, N., Langenberg, C., Golub, R. M., Loder, E. W., Gallo, V., Tybjaerg-Hansen, A., Davey Smith, G., Egger, M., & Richards, J. B. (2021). Strengthening the reporting of Observational Studies in Epidemiology using Mendelian randomization:

The STROBE-MR Statement: The STROBE-MR statement. *The Journal of the American Medical Association,* 326(16), 1614-1621. https://doi.org/10.1001/jama.2021.18236

Stordal, B., Harvie, M., Antoniou, M. N., Bellingham, M., Chan, D. S. M., Darbre, P., Karlsson, O., Kortenkamp, A., Magee, P., Mandriota, S., Silva, E., Turner, J. E., Vandenberg, L. N., & Evans, D. G. (2024). Breast cancer risk and prevention in 2024: An overview from the Breast Cancer UK - Breast Cancer Prevention Conference. *Cancer Medicine,* 13(18), e70255. https://doi.org/10.1002/cam4.70255

Taroeno-Hariadi, K. W., Putra, Y. R., Ariesta, N. F., Sinorita, H., Hardianti, M. S., Widodo, I., & Aryandono, T. (2022). The association between abdominal obesity, metabolic syndrome and survival outcomes in patients with breast cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP,* 23(9), 3157-3165. https://doi.org/10.31557/APJCP.2022.23.9.3157

Thompson, C., Rahman, M. M., Singh, S., Arthur, S., Sierra-Bakhshi, C., Russell, R., Denning, K., Sundaram, U., & Salisbury, T. (2021). The adipose tissue-derived secretome (ADS) in obesity uniquely induces L-type amino acid transporter 1 (LAT1) and mTOR signaling in estrogen-receptor-positive breast cancer cells. *International Journal of Molecular Sciences,* 22(13), 6706. https://doi.org/10.3390/ijms22136706

Wang, W., Wang, X., Jiang, Y., Guo, Y., Fu, P., He, W., & Fu, X. (2025). Normal weight obesity, circulating biomarkers and risk of breast cancer: A prospective cohort study and meta-analysis. *British Journal of Cancer,* 132(2), 203-211. https://doi.org/10.1038/s41416-024-02906-1

Wiggs, A. G., Chandler, J. K., Aktas, A., Sumner, S. J., & Stewart, D. A. (2021). The effects of diet and exercise on endogenous estrogens and subsequent breast cancer risk in postmenopausal women. *Frontiers in Endocrinology,* 12, 732255. https://doi.org/10.3389/fendo.2021.732255

Ye, Z., Li, S., Dite, G. S., Nguyen, T. L., MacInnis, R. J., Andrulis, I. L., Buys, S. S., Daly, M. B., John, E. M., Kurian, A. W., Genkinger, J. M., Chung, W. K., Phillips, K. A., Thorne, H., Winship, I. M., Milne, R. L., Dugué, P. A., Southey, M. C., Giles, G. G., ..., & Hopper, J. L. (2022). Weight is more informative than body mass index for predicting postmenopausal breast cancer risk: Prospective Family Study Cohort (ProF-SC). *Cancer Prevention Research (Philadelphia, Pa.),* 15(3), 185-191. https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-21-0164

Imágenes de : Canva educativo

Calidad nutricional de las loncheras y su relación con su estado nutricional en escolares de Reynosa, México

Nutritional quality of school lunches and its relationship with the nutritional status of schoolchildren in Reynosa, Mexico

SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo, Ocairi Almanza-Cruz, Octelina Castillo-Ruíz*

RESUMEN

En México existe un creciente interés por mejorar la calidad nutricional de la dieta que ingieren los menores de edad, especialmente en el horario escolar, reflejado en los lineamientos de la Secretaría de Educación Pública/Secretaría de Salud de 2010, actualizados en 2024. En contraste, la calidad nutricional de los refrigerios escolares que llevan los menores en sus loncheras suele reportarse como inadecuada. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nutricional de la lonchera en escolares de educación primaria de Reynosa, Tamaulipas, México, durante el ciclo escolar 2023 a 2024, así como establecer su asociación con el estado nutricional. Se realizó un estudio transversal, descriptivo, con 1 238 escolares inscritos en escuelas públicas, con edad promedio de 9.34 ± 1.76 años. Se determinó el contenido nutricional de las loncheras que los niños llevaron de casa para consumo durante la jornada escolar, mediante una lista de cotejo durante cinco días consecutivos, que se contrastó con los lineamientos SEP/SS 2024. En la evaluación del estado nutricional, se utilizaron las técnicas de medición de la NOM-047-SSA2-2015. El 49.5 % de los menores presentaron exceso ponderal. Los niños tuvieron mayor obesidad que las niñas ($P \leq 0.001$). El 49.7 % de la muestra total llevó al menos una vez refrigerio escolar durante la semana de evaluación, con una oferta energética promedio de 388 kcal/d, que supera la recomendación (225 kcal/d a 270 kcal/d). Solo el 2.3 % de los escolares cumplió con los criterios de los lineamientos de la SEP/SS 2024. Se observó una brecha nutricional entre la recomendación de los lineamientos establecidos para los refrigerios escolares y lo que llevan los menores en sus loncheras. Es necesario realizar, mediante intervenciones nutricionales, capacitación a directivos, profesores y padres de familia, en conjunto con el escolar, para conocer e integrar un refrigerio escolar saludable.

PALABRAS CLAVE: calidad nutricional, refrigerios escolares, sobrepeso y obesidad, consumo de alimentos saludables, políticas alimentarias.

ABSTRACT

In Mexico, there is a growing interest in improving the nutritional quality of the diet that school-aged children ingest, especially during school hours, reflected in the 2010 guidelines of the Ministry of Public Education/Ministry of Health, updated in 2024. In contrast, the nutritional quality of school snacks that children brought in their lunchboxes is often reported as inadequate. The objective of this work was to determine the nutritional quality of the lunchboxes of school children in public primary schools in Reynosa, Tamaulipas, Mexico, during the 2023 to 2024 school cycle, and to evaluate its association with children's nutritional status. A cross-sectional, descriptive study was conducted with 1,238 students enrolled in public schools, with an average age of 9.34 ± 1.76 years. The nutritional content of the lunch boxes that children brought from home for consumption during the school day was evaluated for five consecutive days using a checklist. The results were compared with the SEP/SS 2024 guidelines. In the nutritional status assessment, measurement techniques from NOM-047-SSA2-2015 were used. 49.1% of children were overweight. Boys had more obesity than girls ($P \leq 0.001$). 49.5 % of children in the total sample took at least one school snack during the evaluation week, with an average energy supply of 388 kcal/d, which exceeds the recommendation (225 kcal/d to 270 kcal/d). Only 2.3 % of schoolchildren's snacks met the SEP/SS 2024 guidelines criteria. There was a nutritional gap between the recommendations of the guidelines established for school snacks and what children brought in their lunchboxes. It is necessary to provide training for managers, teachers, parents, and schoolchildren through nutritional interven tions. This will allow them to become familiar with the nutritional quality of meals and integrate a healthy school snack.

KEYWORDS: nutritional quality, school snacks, overweight and obesity, healthy food consumption, food guidelines.

***Correspondencia:** ocastillo@docentes.uat.edu.mx**/Fecha de recepción:** 11 de septiembre de 2025**/Fecha de aceptación:** 3 de junio de 2026**/Fecha de publicación:** 25 de junio de 2026.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, calle 16 y Lago de Chapala S/N, Reynosa, Tamaulipas, México, C. P. 88740.

ISSN 2007-7858. 20(2): 52-66 (Ene-Jun 2026)
CC BY NC SA
https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2056

INTRODUCCIÓN

En México, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2023, reportó que más de un tercio de la población escolar presenta sobrepeso y obesidad, con mayor prevalencia de obesidad en niños y de sobrepeso en niñas (Shamah-Levy y col., 2024). El consumo de una dieta equilibrada en niños escolares es vital para aportar nutrientes esenciales, que ayuden al crecimiento y desarrollo, además de promover hábitos alimenticios saludables (Wall y Pearce, 2023). En contraste, el desequilibrio en la ingesta energética y de nutrientes favorece la malnutrición por exceso o la insuficiencia ponderal, por tal motivo, es necesaria la vigilancia de la alimentación en la infancia (Tarqui-Mamani y col., 2023).

Estadísticas relacionadas con diversos factores, incluidos los hábitos alimentarios, indican que estos últimos se caracterizan por un consumo creciente de bebidas y alimentos ultraprocesados, los cuales presentan mayor contenido de energía, azúcar, sal, grasas saturadas y trans, así como aditivos, ingredientes que están relacionados en la disminución de la salud cardiometabólica y el inicio de otras enfermedades crónicas no transmisibles (Mendoza y col., 2025). De ahí la importancia de que, el desarrollo de las intervenciones nutricionales debe realizarse en el núcleo familiar y en la comunidad educativa, con la participación de los directivos y profesores (Ríos-Castillo y col., 2024).

La escuela es un lugar donde los niños pasan aproximadamente 5 h al día o más, donde se desarrollan en el área cognitiva, psicológica y social. Es por ello que, en esta etapa, es crucial inculcar hábitos alimenticios saludables que puedan prevenir problemas de salud en el futuro (Ros y Botija, 2023). Durante la estancia escolar, los niños consumen alimentos y bebidas, con el nombre de refrigerio o lonchera escolar. Consiste en alimentos que se preparan en casa para ser consumidos en la escuela, aunque también pueden adquirirse en las cooperativas escolares. Su propósito es complementar la alimentación diaria y se ingiere durante el receso matutino, sin sustituir el desayuno (Mallma y Chuquillanqui, 2022). Los alimentos y bebidas deben proveer los nutrimentos adecuados para el escolar, con preparaciones prácticas, apetitosas y fáciles de consumir. Su calidad depende del nivel educativo, la situación socioeconómica, la cultura y las preferencias de los padres (Alemán-Castillo y col., 2020).

Diversos estudios que evalúan la calidad nutricional de los refrigerios escolares reportan un bajo consumo de alimentos saludables y alto consumo de alimentos ultraprocesados. En Ontario, Canadá, el contenido nutricional de los refrigerios escolares mostró niveles altos de energía, carbohidratos, grasas y ácidos grasos saturados, y bajo contenido de micronutrientes, asociando una alta ingesta de nutrientes energéticos en los refrigerios escolares al exceso de peso en los infantes de este país (Neilson y col., 2022). En México, un estudio realizado en población escolar de la zona noreste del país reportó que el 49.0 % de los menores presentaron exceso de peso, asociado con una inadecuada calidad de los refrigerios escolares, ya que el mayor consumo de alimentos durante la jornada escolar provenía de snacks salados (papas fritas), yogur, galletas y helados, alimentos con alto contenido energético proveniente de carbohidratos y grasas (Martínez-Andrade y col., 2021). Flores-Moreno y col. (2022) indicaron que el 46.6 % de los escolares de educación básica registraron exceso de peso y que el patrón dietético de los refrigerios escolares fue poco saludable, debido a un alto consumo de alimentos y bebidas ricos en azúcares añadidos, entre un 15.8 % y hasta un 40.0 % de energía proveniente de carbohidratos simples. Por su parte, Almanza-Cruz y col. (2024) reportaron en niños escolares que el consumo de nutrientes en sus refrigerios registró un consumo alto en energía, carbohidratos, grasas y proteínas, además de que el 49.0 % de los infantes presentaron exceso de peso.

En Inglaterra, después de la implementación de una política pública para mejorar la alimentación escolar, se evaluó la calidad nutricional

de los refrigerios escolares. Se encontró una pequeña asociación positiva entre el cumplimiento de restringir la venta de alimentos ricos en grasas, azúcares y energía en la escuela y el consumo de dulces durante la jornada escolar, es decir que, la restricción del consumo de los alimentos antes mencionados en las escuelas aumentó la probabilidad de incluirlos en su refrigerio (comprados en tiendas de conveniencia o llevados de casa) (Pallan y col., 2024).

En México, desde el 2010, la Secretaría de Educación Pública (SEP), junto con la Secretaría de Salud (SS), publicaron en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2010) los lineamientos generales para regular la venta y consumo de alimentos en las escuelas, con el fin de mejorar espacios que promuevan hábitos alimenticios saludables y combatan la obesidad infantil, además, se estableció el disminuir el consumo calórico promedio en las escuelas primarias, de 433 kcal a 276 kcal, lo que representaba 36 % menos calorías y la incorporación de verduras y frutas, agua simple potable a libre demanda y alimentos preparados (DOF, 2010; Hernández-Ávila y Martínez-Montañez, 2011). Para 2014, se estableció que los refrigerios debían incluir verduras y frutas, cereal integral, oleaginosas y leguminosas, bebidas, así como un contenido de energía de 225 kcal/d a 249 kcal/d (DOF, 2014). En 2024 se publicó en el DOF, una actualización de los lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparadas y procesadas en las escuelas del Sistema Educativo Nacional (SEN). En el lineamiento se describen los criterios nutrimentales, mismos que se deberán evaluar y actualizar al menos cada cinco años, así como los alimentos que debe incluir un refrigerio escolar: verduras y frutas frescas, que pueden ir acompañados de semillas oleaginosas sin azúcar o sal añadida, cereal integral, leguminosas, y agua para uso y consumo humano a libre demanda, y un contenido de energía de 225 kcal/d a 270 kcal/d (DOF, 2024). En esta última actualización se amplió el rango de calorías para mayor flexibilidad; como también se amplió el objetivo, quedando de la siguiente manera: fomentar los estilos de vida saludables de alimentación, prevenir el sobrepeso y obesidad en los niños escolares en todo el SEN (DOF, 2024).

Es importante comprender los hábitos alimenticios familiares, que se reflejan en el refrigerio que los padres ofrecen en la lonchera a los menores durante el horario escolar (Alemán-Castillo y col., 2020), para mejorarlos en caso necesario.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad nutricional de la lonchera en escolares de educación básica pública de Reynosa, Tamaulipas, México, durante el ciclo escolar 2023 a 2024, así como evaluar su asociación con el estado nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Se realizó un estudio transversal, descriptivo. El cálculo de la muestra se obtuvo mediante el programa estadístico Análisis Epidemiológico de Datos Tabulados (versión 3.1) para Windows. Se consideró un universo de 78 534 alumnos con un margen de error de 5.0 % y un nivel de confianza de 95.0 %, que arrojó un tamaño de muestra mínimo de 381 escolares. Sin embargo, se aumentó el número de escolares para mayor precisión estadística de los resultados y reducir el margen de error en las estimaciones. La muestra fue de 1 238 niños de 6 a 11 años, de 1° grado a 5° grado, inscritos en 6 escuelas públicas del turno matutino de educación básica, seleccionadas por conveniencia, en ciudad Reynosa, Tamaulipas, México. En este trabajo se omitieron los menores que cursaban 6° grado, porque inicialmente se buscaba dar seguimiento un año después y estos estudiantes habrían egresado. Por su ubicación geográfica, dichas escuelas fueron identificadas con nivel socioeconómico medio-bajo, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI, 2024). Los datos se recabaron hasta el mes de abril, del ciclo escolar 2023 a 2024, por cuestiones de capacitación previa del equipo de tra-

bajo que participó en las evaluaciones. Se solicitó a los padres de familia y/o tutores firmaran un consentimiento informado para participar en el estudio.

Criterios de selección

Se incluyeron todos los niños de educación básica de ambos géneros, que los padres hubiesen firmado el consentimiento informado y asistieran a clases los días en que se realizó el estudio. Se excluyeron los niños que no completaron la evaluación antropométrica o las encuestas aplicadas, que no aceptaron la revisión del refrigerio, o que no aceptaron participar, aunque los padres de familia firmaran el consentimiento informado. También se excluyeron los menores con problemas de diabetes, hipotiroidismo o enfermedades genéticas, información declarada por los padres o tutores. Se eliminaron todos los expedientes que por cualquier razón presentaran datos incompletos en cualquiera de los instrumentos evaluados.

Aspectos ético-legales

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, con número de expediente CEI-UAMRA/03. Para garantizar la privacidad en la recolección y manipulación de los datos de los escolares, se aplicó la Ley general de protección de datos personales de México (DOF, 2017).

Evaluación del estado nutricional

De acuerdo con la NOM-047-SSA2-2015 (DOF, 2015) y con autorización de los padres, se realizaron las mediciones antropométricas. Se utilizaron las técnicas descritas para mediciones antropométricas en el apartado A.2 de la NOM-047-SSA2-2015. Si bien, esta norma está dirigida al "grupo etario de 10 a 19 años", las directrices generales sobre como realizarlas son estándar para cualquier grupo de edades (no así su interpretación). El peso corporal (kg) del escolar se midió sin zapatos y con ropa ligera, usando una báscula Tanita (BF-689® para niños, China). La talla se obtuvo usando un estadímetro portátil Seca (213®, China), sin calzado, sin accesorios en la cabeza, y con el plano de Frankfurt perpendicular al piso; la lectura se registró en centímetros. Con el peso corporal (kg) y la talla (cm) del niño se calculó el puntaje Z del IMC a través del programa Anthro Plus (OMS, 2025). Se identificó < -2 bajo peso; -2 a +1 normal; >1 a +2 sobrepeso; > +2 obesidad. En el estudio colaboraron 2 nutriólogas certificadas en antropometría (ISAK 2), quienes capacitaron a 6 nutriólogas que cursaban estudios de posgrado y a dos alumnos de licenciatura. Se estandarizaron las técnicas de medición de peso y talla para disminuir la variabilidad en las mediciones mediante el índice el error técnico de medición, que permite establecer criterios intra e inter medidor.

Identificación de los refrigerios escolares

Para evaluar el contenido de los refrigerios de los escolares, se utilizó la lista de cotejo descrita por Alemán-Castillo y col. (2019), previamente validada, a partir de la concordancia en la evaluación de 30 refrigerios escolares, por parte de tres evaluadores participantes en el proyecto, obteniendo un índice Kappa de 0.78. Durante 5 d consecutivos y por observación directa, se solicitó a los niños que sacaran de sus loncheras todos los alimentos, dulces y bebidas que traían para consumir durante la hora destinada al receso escolar y los colocaran sobre la mesa (Almanza-Cruz y col., 2025). Su aportación nutricional y energética se estimó mediante la observación directa de los alimentos, identificando y registrando las porciones y piezas contenidas, sin establecer pesos y volúmenes. Es importante destacar que se evaluó el alimento que los padres envían en las loncheras sin considerar si este fue consumido de forma parcial o total. Posteriormente, se determinó el contenido nutrimental de los alimentos identificados utilizando el programa Nutrimind®, versión 15.0, que utiliza como base de datos nutricional principal los valores reportados por el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE), en su cuarta y quinta versión, complementados con información de la base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Se identificó la adecuación del refrigerio escolar a los

lineamientos emitidos por la SEP/SS (DOF, 2024). El porcentaje de adecuación permitió calcular qué tan cerca estaban los resultados observados respecto a su valor de referencia en la norma. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Porcentaje de adecuación} = \frac{\text{Valor observado para calorías por tipo de nutriente}}{\text{Valor de referencia de calorías por tipo de nutriente}} \times 100$$

La Tabla 1 presenta las recomendaciones de energía y de los nutrientes que debe contener el refrigerio escolar y se clasificó como deficiente, adecuado y alto para energía y macronutrientes (proteínas, lípidos, carbohidratos y fibra) con el fin de identificar el consumo recomendable que debe contener los refrigerios escolares.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov (P = 0.001) a las variables cuantitativas de estudio. Las variables antropométricas y de contenido nutrimental de los refrigerios escolares no siguieron normalidad. Se reportaron como mediana y rango intercuartílico (RIC) (Q1–Q3). Se analizaron mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para comparaciones entre dos grupos independientes (sexo). Para asociar el estado nutricional (bajo peso, normal, sobrepeso y obesidad), el cumplimiento de los criterios del refrigerio (calorías 225 a 270, inclusión de fruta y verdura, agua, cereales integrales y leguminosas) con el sexo, se utilizó la prueba Chi cuadrado de independencia. Se verificó el cumplimiento de los supuestos de aplicación asegurando que todas las frecuencias esperadas fueran ≥ 5 en cada categoría analizada. Se realizó estadística descriptiva (frecuencias) para determinar el porcentaje de cumplimiento del contenido de energía y macronutrientes. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa IBM SPSS® (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences), versión 25 versión 25.0 para Windows, con un nivel de significancia de P ≤ 0.05.

RESULTADOS

Descripción de la muestra

El 49.9 % de los 1 238 escolares evaluados eran niñas y el 50.1 % eran niños. El promedio de edad fue de 9.34 ± 1.76 años para ambos sexos. En la Tabla 2, se muestran las características antropométricas de los escolares, diferenciado por sexo, observándose que los niños tuvieron mayor valor de mediana del IMC (RIC) (P ≤ 0.01) y puntaje Z del IMC que las niñas (P ≤ 0.01).

Estado nutricional

El 49.5 % de los menores presentaron exceso de peso (Figura 1) y al compararlos por sexo, los niños tuvieron mayor obesidad (37.6 %) que las niñas (22.6 %) con diferencia significativa (P ≤ 0.01).

Refrigerios escolares y contenido nutrimental

El 49.7 % de los menores llevó al menos una

Tabla 1. Recomendaciones de energía y macronutrientes para el escolar en el refrigerio de acuerdo con la norma SEP/SS 2024.
Table 1. SEP/SS 2024 recommendations of energy and macronutrients for the school child during snack time.

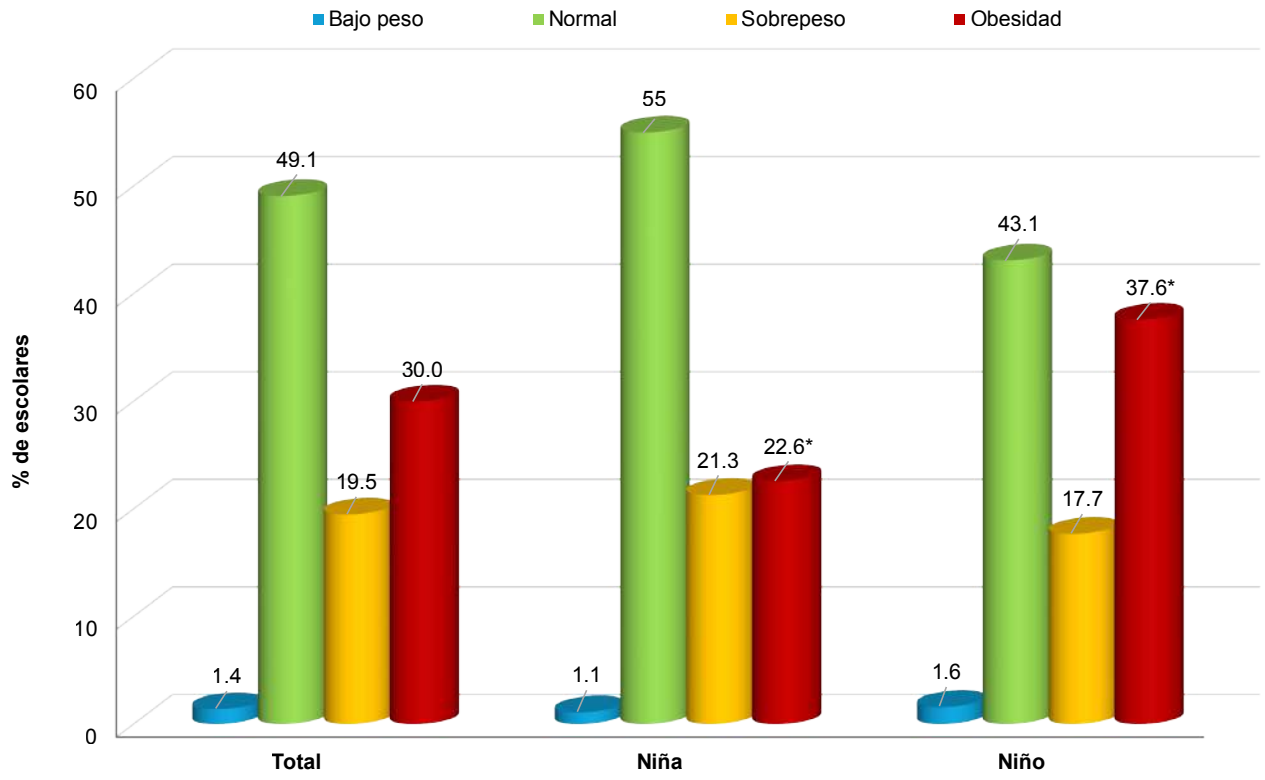
Nutrientes	Categorías		
	Deficiente	Adecuado*	Alto
Calorías (kcal/d)	≤ 224.9	225 a 270	≥ 271
Proteínas (g/d)	≤ 8.42	8.43 a 10.12	≥10.13
Lípidos (g/d)	≤ 7.49	7.50 a 9.00	≥ 9.01
Carbohidratos (g/d)	≤ 30.89	30.90 a 37.12	≥ 37.13
Fibra (g/d)	≤ 2.69	2.70 a 3.60	≥ 3.61

*Datos obtenidos a partir de los lineamientos de la SEP/SS 2024 (DOF, 2024).

Tabla 2. Características antropométricas de los niños evaluados comparados por sexo.
Table 2. Anthropometric characteristics of the evaluated children compared by sex.

Variables antropométricas	Ambos Mediana (RIC)	Niña Mediana (RIC)	Niño Mediana (RIC)	P*
Peso (kg)	34.80 (26.20 a 45.50)	34.40 (25.70 a 44.47)	35.20 (26.80 a 46.40)	0.165
Talla (cm)	135.0 (125.30 a 144.70)	135.50 (125.17 a 145.87)	134.50 (125.30 a 142.90)	0.234
IMC	18.50 (16.00 a 22.80)	18.40 (15.80 a 22.00)	18.90 (16.20 a 23.40)	0.007
Puntaje Z del IMC	0.98 (-0.03 a 2.27)	0.81 (-0.15 a 1.84)	1.25 (0.07 a 2.52)	0.001

RIC: rango intercuartílico (25, 75). IMC: índice de masa corporal; *Prueba estadística: U de Mann-Whitney con significancia de P ≤ 0.01.



*Prueba estadística: Chi cuadrado (P ≤ 0.01).

Figura 1. Estado nutricional de los escolares.
Figure 1. Nutritional status of schoolchildren.

vez refrigerio escolar durante la semana de evaluación. Al distinguir por sexo, el 24.1 % y 25.6 % de las niñas y niños, respectivamente, contaban con refrigerio (P = 0.349). El contenido nutrimental en las loncheras (Figura 2), reveló que su nivel nutrimental y energético fue superior al recomendado por los lineamientos de la SEP/SS 2024. Solo el 7.9 % de los

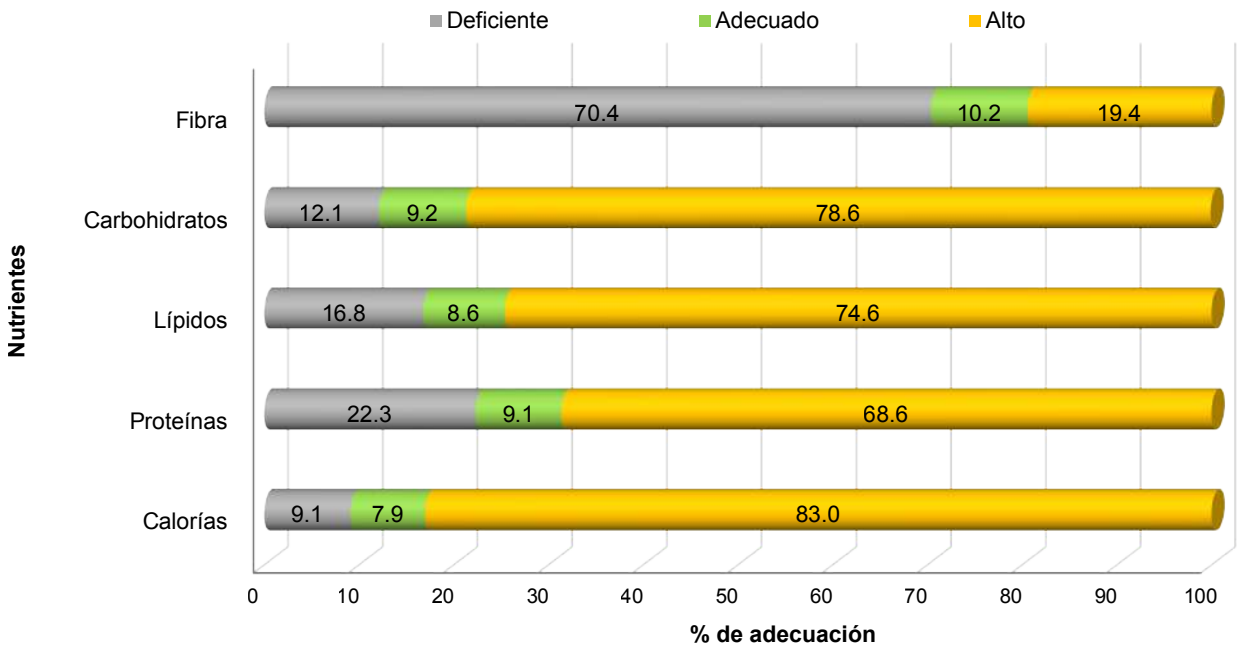


Figura 2. Cumplimiento del contenido de energía y de macronutrientes.
Figure 2. Compliance with energy and macronutrient content.

refrigerios fue adecuado en el contenido calórico (valor más bajo) y hasta el 10.2 % en fibra (valor más alto). La tasa de loncheras que cumplían con el contenido establecido para carbohidratos, lípidos y proteínas varió entre esos dos rangos.

Se observó que los escolares a los que se les evaluaron las loncheras presentaron un consumo alto de calorías, carbohidratos, proteínas y lípidos, mientras que la fibra se encontraba deficiente. Sin embargo, no se reportó asociación entre el estado nutricional y el contenido de energía (P = 0.688), carbohidratos (P = 0.355), proteínas (P = 0.253), y fibra (P = 0.492); excepto en lípidos (P = 0.029), que muestra que los niños con exceso de peso presentaron un alto consumo de macronutrientes (Tabla 3).

En los refrigerios escolares, los responsables de su elaboración les ofrecieron a los menores (Tabla 4), en promedio, 388 kcal/d por lo que sobrepasaron la recomendación de energía, según los lineamientos de SEP/SS 2024 para este tipo de alimento que se debe ofertar en las instalaciones escolares. La ingesta de macronutrientes en gramos (g) también fue excedida, en el consumo de lípidos con 13.00 g, carbohidratos 53.20 g y proteínas con 13.25 g. La fibra (1.75 g) se encontró por debajo de la recomendación (Tabla 4), asociado con la baja inclusión de alimentos integrales, frutas y verduras en los refrigerios escolares (Figura 3).

Comparación del contenido nutricional de los refrigerios escolares enviados en las loncheras con respecto al lineamiento SEP/SS 2024

Solo el 2.3 % de los escolares cumplió con los cinco criterios del lineamiento SEP/SS 2024, que establece que el refrigerio debe incluir de: 1) 225 kcal a 270 kcal, 2) una fruta y/o verdura, 3) agua potable, 4) al menos un cereal integral y 5) leguminosas. El 22.5 % de los estudiantes incluía en su refrigerio una fruta y/o verdura, 51.6 % agua potable, 15.9 % al menos un cereal integral y 18.7 % leguminosas. Al analizar de forma individual los criterios, el llevar una fruta y/o verdura, se identificó que las niñas incluyen más estos gru-

Tabla 3. Asociación de la energía y macronutrientes con el estado nutricional.
Table 3. Association of energy and macronutrients with nutritional status.

Energía y macronutrientes	Categoría	Sin exceso de peso (bajo peso y normal) N (%)	Con exceso de peso (sobrepeso y obesidad) N (%)	P*
Calorías	Deficiente	31 (9.7)	25 (8.4)	0.688
	Adecuado	23 (7.2)	26 (8.7)	
	Alto	266 (83.1)	247 (82.9)	
Carbohidratos	Deficiente	33 (10.3)	42 (14.1)	0.355
	Adecuado	30 (9.4)	27 (9.1)	
	Alto	257 (80.3)	229 (76.8)	
Proteínas	Deficiente	78 (24.4)	60 (20.1)	0.253
	Adecuado	32 (10.0)	24 (8.1)	
	Alto	210 (65.6)	214 (71.8)	
Lípidos	Deficiente	66 (20.6)	38 (12.8)	0.029
	Adecuado	28 (8.8)	25 (8.4)	
	Alto	226 (70.6)	235 (78.9)	
Fibra	Deficiente	223 (69.7)	212 (71.1)	0.492
	Adecuado	37 (11.6)	26 (8.7)	
	Alto	60 (18.8)	60 (20.1)	

*Prueba estadística: Chi cuadrado ($P \leq 0.05$).

Tabla 4. Ingesta de energía y macronutrientes de acuerdo con el refrigerio escolar.
Table 4. Energy intake and macronutrients according to school snack.

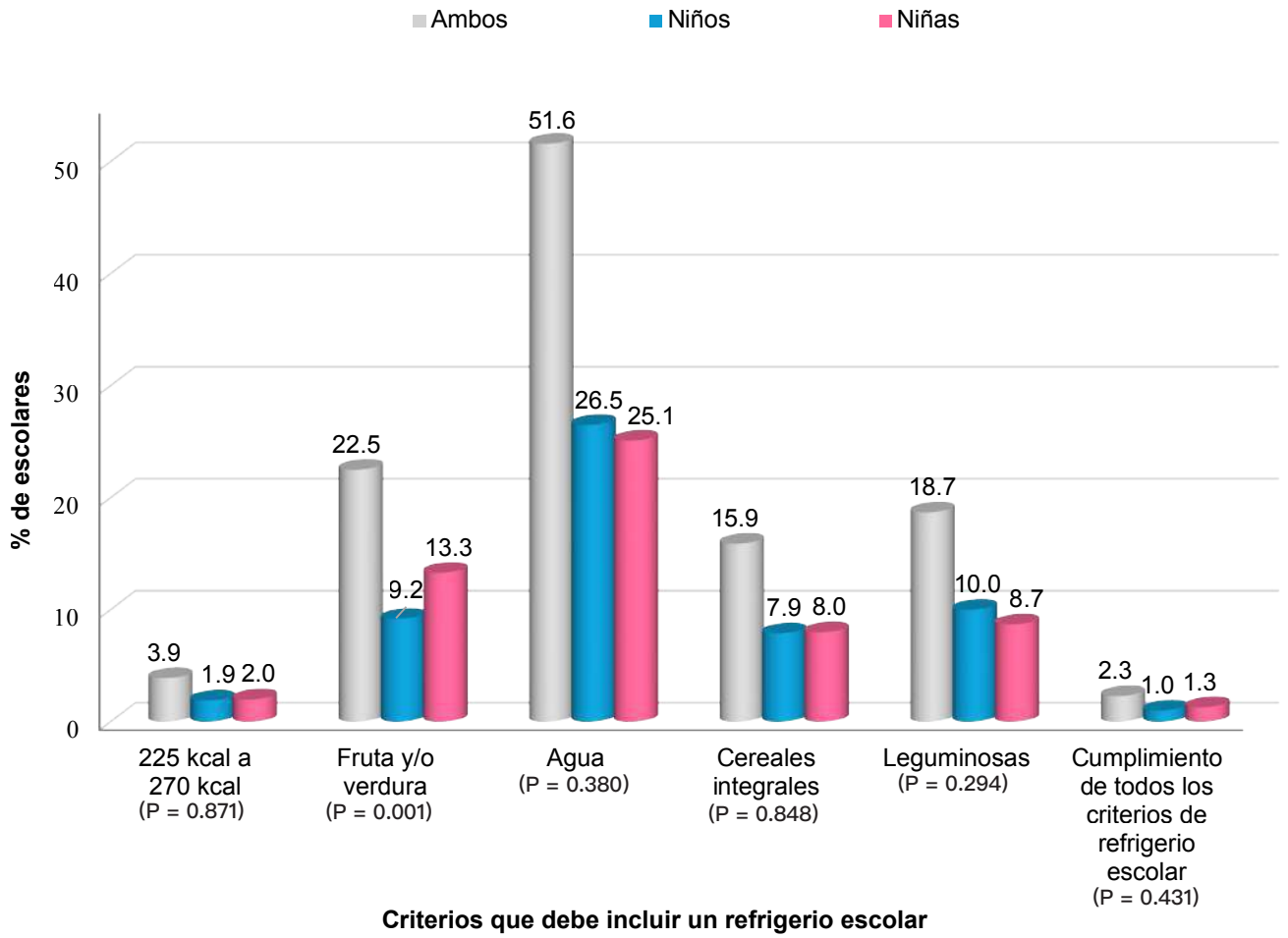
Nutrientes	Recomendación*	Ambos % de adecuación	Ambos Mediana (RIC)	Niña Mediana (RIC)	Niño Mediana (RIC)	P**
Calorías (kcal/d)	225 a 270	143.70	388.00 (297.37 a 503.65)	388.00 (297.16 a 497.68)	387.83 (297.04 a 509.46)	0.747
Proteínas (g/d)	8.43 a 10.12	130.92	13.25 (9.00 a 17.35)	13.00 (9.35 a 17.33)	13.50 (8.60 a 17.63)	0.728
Lípidos (g/d)	7.50 a 9.00	144.44	13.00 (9.00 a 18.00)	13.22 (9.20 a 18.00)	12.60 (9.00 a 18.00)	0.747
Carbohidratos (g/d)	30.90 a 37.12	143.31	53.20 (39.00 a 70.60)	53.57 (38.70 a 69.37)	52.73 (39.31 a 71.50)	0.955
Fibra (g/d)	2.70 a 3.60	48.61	1.75 (0.66 a 3.20)	1.77 (0.85 a 3.20)	1.66 (0.60 a 3.00)	0.272

*De acuerdo a los lineamientos de SEP/SS 2024. RIC: rango intercuartílico (25, 75). **Prueba estadística: U de Mann-Whitney con significancia de $P \leq 0.05$.

pos de alimentos que los niños ($P \leq 0.01$) (Figura 3).

DISCUSIÓN

En este estudio, la evaluación del estado nutricio de los escolares reportó que el sexo femenino presentó mayor prevalencia de sobrepeso, mientras que el sexo masculino registró mayor prevalencia de obesidad (Figura 1), tendencia que se ha observado en la última década y que fue similar a la reportada por la ENSANUT (Shamah-Levy y col., 2024) (sobre-



Prueba estadística: *Chi cuadrado (P ≤ 0.001).

Figura 3. Cumplimiento de los criterios que determinan las guías de la SEP/SSA 2024 para refrigerios escolares
Figure 3. Compliance with the criteria that SEP/SS 2024 guidelines determine for school snacks.

peso: niñas: 23.4 % y niños: 14.2 %; obesidad 10.4 % niñas y 20.2 % niños), aunque con valores más altos, a excepción del sobrepeso en niñas. Los indicadores antropométricos de los niños y puntaje Z del IMC más alto que las niñas, podrían estar asociados con un alto consumo de energía (Tarqui-Mamani y col., 2023), sin embargo, en el presente estudio, no se encontró relación con el contenido energético de la lonchera, probablemente porque no se evaluó la dieta completa y es importante mencionar que el exceso de peso es multifactorial.

La frecuencia con la que los menores llevaron refrigerio a la escuela, al menos una vez a la semana, en los niños del presente estudio (49.7 %), conducido en etapa postpandemia COVID-19, fue menor a lo reportado por Alemán-Castillo y col. (2019) en etapa previa a la pandemia, quienes encontraron que el 68.5 % de los niños evaluados (antes de la pandemia) contaron con un refrigerio con alimentos para consumir a la hora del receso, al menos una vez por semana. Esta disminución de la tendencia a llevar refrigerio a la escuela puede ser reflejo de la inseguridad alimentaria que ocasionó la postpandemia en hogares (Rodríguez-Ramírez y col., 2021), o bien de las prácticas alimentarias e ingreso familiar (Ocon y col., 2025), aspectos que deben ser considerados en estudios posteriores. Sin embargo, es importante observar que los estudios rela-

cionados con este tema reportan diferentes tasas respecto a la frecuencia con la que los menores llevan lonchera. En México, en periodo prepandemia, Vilchis-Gil y col. (2021) registraron un porcentaje superior (88.0 % de los niños evaluados llevaron refrigerio escolar durante el estudio). A nivel latinoamericano, el 58.7 % de niños peruanos contaron con refrigerio escolar (Tarqui-Mamani y Alvarez-Dongo, 2018). Cereceda y col. (2024) reportaron que, en periodo postpandemia, 83.7 % de los escolares en Lima, Perú llevaron refrigerio escolar.

En México, se emitió el acuerdo de los lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparadas y/o procesados en las escuelas del SEN para fomentar estilos de vida saludables y mejorar la alimentación. Estos lineamientos proporcionan las características del refrigerio escolar, para mejorar el rendimiento educativo y prevenir el sobrepeso y obesidad en los niños escolares (DOF, 2024). Cabe mencionar que existen pocos estudios como el de Alemán-Castillo y col. (2022) y Valenzuela-Calvillo y col. (2022) que reportaron la evaluación de los refrigerios escolares previo al establecimiento de los lineamientos de la (DOF, 2024), lo que permite contrastarlos con el cumplimiento, por ello, el presente estudio los identificó como una fortaleza. En cuanto al cumplimiento de los cinco criterios (225 kcal a 270 kcal, fruta y/o verdura, agua, cereales integrales, leguminosas) que marcan los lineamientos que debe incluir un refrigerio escolar, según la SEP/SS 2024, este trabajo encontró un porcentaje ligeramente mayor (2.3 %) que el de Alemán-Castillo y col. (2022), donde solo un 1.9 % cumplió con todos los criterios para integrar un refrigerio saludable.

El que solamente entre el 7.9 % y 10.2 % de los escolares que llevaron refrigerio una vez o más durante la semana cumplieran con el contenido de energía y macronutrientes recomendables, de acuerdo con la calidad nutricional establecida en los lineamientos de los refrigerios por la SEP/SS 2024, podría sugerir que no existe una cultura alimentaria adecuada entre las personas encargadas de elaborar los refrigerios de sus hijos a nivel de educación primaria. Esto es un aspecto importante a considerar, ya que podría indicar que los padres no poseen suficiente conocimiento sobre el tema o no le otorgan la adecuada importancia (Alemán-Castillo y col., 2020; Priego-Bravo y col., 2023).

En cuanto al consumo de energía (kcal), los refrigerios escolares tuvieron un contenido de 388 kcal, sobrepasando más del 40 % de la recomendación de los lineamientos SEP/SS 2024. La misma tendencia se observó con los demás macronutrientes, proteínas (13.2 g), lípidos (13.0 g) y carbohidratos (53.2 g). Mientras que Alemán-Castillo y col. (2022) documentaron un consumo de 525 kcal, y que solo el 10.2 % de los refrigerios cumplieron con la energía (249 kcal en promedio), resultado superior a lo reportado en el presente estudio. Sin embargo, los valores estuvieron bajos, comparado con los resultados de Martínez-Andrade y col. (2021), quienes reportaron en los refrigerios escolares un consumo de 515 kcal/d, 28.9 g de lípidos y 59.2 g de carbohidratos, a excepción de los 11.7 g de proteína en el refrigerio escolar. De igual manera, Flores-Moreno y col. (2022) encontraron un alto consumo de energía (448 kcal) y macronutrientes: proteínas (14.4 g), lípidos (16.7 g) y carbohidratos (58.9 g); al igual que Vilchis-Gil y col. (2021) quienes reportaron valores que sobrepasaron la recomendación en contenido energético de 395 kcal, carbohidratos (57.0 g) y proteínas (12.0 g) .

Los estudios previos muestran que el contenido energético y nutrimental de los refrigerios que envían los padres de familia a sus hijos en las loncheras supera la recomendación de la ingesta del contenido de energía y macronutrientes, establecida en los lineamientos de la SEP/SS 2024 (DOF, 2024), a excepción de la fibra. Esto sugiere que, los padres o tutores podrían no conocer o identificar los alimentos que deben incluir en los refrigerios de sus hijos, lo que explicaría porque en el presente estudio también incluían ali-

mentos ultraprocesados, que tienen alto contenido energético, provenientes de grasas y azúcares, pobres en fibra, lo que puede ocasionarles problemas de estreñimiento y que, además, han sido asociados a una prevalencia de exceso de peso (Bustos y Medina, 2020). En este estudio se observó un alto consumo de lípidos que, asociados al alto consumo de carbohidratos, que ingeridos en exceso, se transforman en lípidos en el organismo, incrementando juntos el riesgo de desarrollar dislipidemias en la adultez temprana y riesgos cardiovasculares, exacerbados por la falta de consumo de fibra, que se encuentran en las frutas, verduras y granos integrales (Vélez y col., 2024).

El que las niñas presentaran mayor tenden cia que los niños a incluir más frutas y ver duras en su lonchera ($P \leq 0.01$), es un comportamiento interesante, cuyo origen debería ser parte de estudios que lo confirmen y establezcan sus causas, pendiente de analizar en un futuro estudio. Por otro lado, los alimentos ricos en fibra como leguminosas y cereales integrales fueron poco incluidos en las preparaciones, aunque la ingesta de leguminosas superó a la reportada por Martínez-Tapia y col. (2025), quienes evaluaron el cumplimiento de las recomendaciones de consumo por grupo de alimentos, según las Guías Alimentarias Mexicanas (SSA, INSP, GISAMAC, UNICEF, 2023), documentando que solo el 1.4 % cumplió con la recomendación de consumo de leguminosas. Lo mismo sucedió para nueces y semillas (2.1 %), así como para frutas (45.8 %), verduras (21.1 %) y carne de res (64 %).

En Inglaterra, Pallan y col. (2024) reportaron que el 63.9 % de las escuelas evaluadas presentaba un cumplimiento respecto a la legislación en materia de alimentación escolar. Mientras que, Cereceda y col. (2024) registraron que solo el 20.5 % de los escolares cumplían con un refrigerio adecuado, de acuerdo con los criterios de calidad establecidos por el Instituto Nacional de Nutrición y Alimentación del Ministerio de Salud de Perú. De manera similar, Zeña-Ñañez y col. (2022) encontraron que el 45.2 % de los refrigerios escolares de Perú evaluados cumplían con los lineamientos de un refrigerio saludable. Cabe mencionar que, aunque los anteriores estudios difieren en cuanto al sistema educativo y políticas alimentarias, se consideraron debido a la limitada literatura al respecto.

En el presente estudio, el consumo de fruta y/o verdura, agua potable y la integración de todos los criterios fueron superiores, respecto a lo reportado en el estudio realizado en niños escolares de Reynosa Tamaulipas (Alemán-Castillo y col., 2019), lo que evidencia un aumento en la calidad nutricional de los refrigerios. No obstante, que un porcentaje tan bajo de niños llevaran un refrigerio saludable, sugiere la necesidad de diseñar intervenciones focalizadas, con mayor énfasis en los niños y los responsables de hacer la lonchera, para aumentar el consumo de frutas y verduras. Además de garantizar mayor efectividad, equidad y adaptabilidad a las sugerencias normativas para el refrigerio escolar de acuerdo con el consumo de alimentos. Estas intervenciones deben prestar atención al nivel socioeconómico, debido a que los niños de nivel medio bajo, de acuerdo al estudio realizado por Rocha Olvera y col. (2023), presentaron mayor consumo de calorías, proteínas y lípidos, mientras que los niños de nivel medio alto llevaron frutas, y en consecuencia mayor consumo de fibra.

Aunque, desde el año 2010, se han establecido lineamientos específicos en materia de calidad nutricional en los refrigerios, la evidencia indica que, hasta la fecha, no ha sido posible mejorar la calidad nutricional del refrigerio escolar contenido en las loncheras. En este sentido, algunos autores como Zeña-Ñañez y col. (2022), Cereceda y col. (2024), Pallan y col. (2024) y Martínez-Tapia y col. (2025), mencionaron que la participación de los padres de familia y/o tutores es indispensable para afianzar el hábito de incluir alimentos y bebidas de alta calidad nutricional en la lonchera escolar, debido a que ellos son los encargados del proceso de selección, compra y preparación de los alimentos.

Es importante considerar la supervisión de un nutriólogo o nutrióloga que difunda y evalúe las recomendaciones nutricionales de la SEP/SS 2024 en cada plantel educativo, y que realice intervenciones nutricionales a escolares, padres y profesores. Estas acciones permitirían fortalecer el conocimiento necesario para integrar un refrigerio escolar adecuado, con la finalidad de disminuir el aporte calórico de los niños. Además, podría realizar capacitación a directivos, profesores, padres de familia y menores, para llevar una dieta saludable (Ocon y col., 2025).

Entre las limitaciones del presente estudio, se destaca que, al usar un diseño transversal y realizar el estudio en un solo mes del año (abril), no fue posible establecer causalidad, solo asociaciones, ya que el contenido nutrimental de la lonchera puede cambiar durante el año, por efecto del clima, entre otras variantes. También que el análisis no se realizó por escuela ni por edad de los menores. Además, de que no todos los padres otorgaron la autorización para que sus hijos participaran en las evaluaciones. De igual manera, algunos profesores, no permitieron el acceso al salón de clases, por lo que la selección de la muestra se realizó por conveniencia. Otra de las limitaciones fue que los niños no querían mostrar los alimentos que contenían sus loncheras, para evitar la burla de sus compañeros, sobre todo si llevaban alimentos saludables.

CONCLUSIONES

Los refrigerios escolares contenidos en las loncheras de los menores participantes de este estudio les ofrecían un alto nivel energético, derivado del consumo de carbohidratos y lípidos, con una baja ingesta de fibra. Solo el 2.3 % de los participantes evaluados cumplieron las recomendaciones nutricionales de la SEP/SS 2024, de consumir un refrigerio escolar saludable que satisfaga las necesidades nutricionales. Estos resultados establecen la necesidad de realizar intervenciones educativas que orienten a los menores y padres de familia o tutores responsables de preparar la lonchera, de manera que su contenido se adecué a las recomendaciones nutricionales y calóricas establecidas para los refrigerios escolares.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruíz, O., Aviña- Barrera, M. A., Almanza-Cruz, O. y Perales-Torres, A. L. (2020). Intervención educativa nutricional para modificar la calidad de los refrigerios que trajeron los escolares de casa. *Acta Universitaria*, 30, 1-8. https://dx.doi.org/10.15174/au.2020.2634

Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruíz, 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. https://dx.doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1268

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 fronteriza México/Estados Unidos. *Global Health Promotion*, 29(3), 178-187. https://dx.doi.org/10.1177/17579759211062134

Almanza-Cruz, O., Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruiz, O., Perales-Torres, A. L., Bezares-Samiento, V. D. R. y Rodríguez-Castillejos, G. (2024). Efecto de una intervención nutricional sobre el contenido de nutrientes de los refrigerios escolares en escuelas de educación pública de México. *Nutrición Hospitalaria*, 41(5), 955-962. https://dx.doi.org/10.20960/nh.05269 Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112024000800005&script=sci_arttext

Almanza-Cruz, O., Alemán-Castillo, S. E., González-Pérez, A. L. y Castillo-Ruiz, O. (2025). Consumo diario de frutas, verduras y bebidas durante la jornada escolar en niños de educación primaria de Reynosa Tamaulipas México. *Revista Chilena de Nutrición*, 52(3), 96-107. https://dx.doi.org/10.64159/RCHNUT-52-3-2

AMAI, Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (2024). NSE desagregado por manzana, AGEB, localidad y municipio. [En línea]. Disponible en: https://www.amai.org/NSE/index.php?queVeo=NSEDES. Fecha de consulta: 25 de junio de 2025.

Bustos, E. y Medina, A. (2020). Recomendaciones y efectos de la fibra dietaria en niños. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(3), 457-462. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000300457

Cereceda, M. P., Rojas-Huayta, V. M., Artega, I., Barrera, M., Estrada, E. y Jaimes-Velásquez, C. (2024). Estado Nutricional y características de lonchera escolar en dos Instituciones Educativas Públicas de Lima. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 30(3), 1-7. https://renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC-D-24-0019._Final.pdf

DOF, Diario Oficial de la Federación (2010). ACUERDO mediante el cual se establecen los lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar de los planteles de educación básica. [En línea]. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php%3Fcodigo%3D5156173%26fecha%3D23/08/2010#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 16 de noviembre de 2025.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2014). ACUERDO mediante el cual se establecen los lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparados y procesados en las escuelas del Sistema Educativo Nacional. [En línea]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5344984&fecha=16/05/2014#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 15 de julio de 2025.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2015). NOM-047-SSA2-2015. Norma Oficial Mexicana. Para la atención a la salud del grupo etario de 10 a 19 años de edad. Secretaría de Salud (SSA). [En línea]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5403545&fecha=12/08/2015#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 20 de junio de 2025.

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.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/685004/Ley_General_Protecci_n_Datos_Personales_Sujetos_Obligados.pdf.

DOF, Diario Oficial de la Federación (2024). ACUERDO mediante el cual se establecen los Lineamientos generales a los que deberán sujetarse la preparación, la distribución y el expendio de los alimentos y bebidas preparados, procesados y a granel, así como el fomento de los estilos de vida saludables en alimentación, dentro de toda escuela del Sistema Educativo Nacional. [En línea]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5740005&fecha=30/09/2024#gsc.tab=0. Fecha de consulta: 15 de mayo de 2025.

Flores-Moreno, B. J., Martínez-Andrade, G., Klünder-Klünder, M., Miranda-Lora, A. L., Beristain-Lujano, B., Flores-Huerta, S., Mendoza, E., Mayorga-Lima, A., Duque, X., & Vilchis-Gil, J. (2022). Evidence of unhealthy dietary patterns in the school lunch sent from home for children in Mexico City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11650. https://dx.doi.org/10.3390/ijerph191811650

Hernández-Ávila, M. y Martínez-Montañez, O. G. (2011). Lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar en los planteles de educación básica. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 68(1), 1-6. https://www.scielo.org.mx/pdf/bmim/v68n1/v68n1a1.pdf

Mallma, I. J. P. y Chuquillanqui, E. (2022). Preparación de la lonchera preescolar y escolar. *Universidad Nacional del Centro del Perú*, 1(1), 1-16. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11817.06246

Martínez-Andrade, G., González-Unzaga, M., Romero-Quechol, G., Mendoza, E., Vilchis-Gil, J., & Duque, X. (2021). Nutritional characteristics, sites of origin, and cost of foods consumed during school hours and their relationship to nutritional status of schoolchildren in Mexico City. *Life*, 11(5), 439. https://dx.doi.org/10.3390/life11050439

Martínez-Tapia, B., Rodríguez-Ramírez, S., Valenzuela-Bravo, D. G., Medina-Zacarías, M. C., Gaona-Pineda, E. B., Arango-Angarita, A., Hernández-Carapia, N. y Shamah-Levy, T. (2025). Cumplimiento de recomendaciones para una alimentación saludable y sostenible, Ensanut 2020-2023. *Salud Pública de México,* 67(3), 259-268. https://dx.doi.org/10.21149/16060

Mendoza, K., Barquera, S., & Tobias, D. K. (2025). Targeting ultra-processed foods for prevention of type 2 diabetes: state of the evidence and future directions. *Diabetologia*, 68(3), 495-506. https://dx.doi.org/10.1007/s00125-025-06358-x

Neilson, L. J., Macaskill, L. A., Luk, J. M. H., Sharma, N., Salvadori, M. I., Seabrook, J. A., & Dworatzek, P. D. N. (2022). Children's school-day nutrient intake in Ontario: A cross-sectional observational study comparing students' packed lunches from two school schedules. *Nutrients*, 14(9), 1966. https://dx.doi.org/10.3390/nu14091966

Ocon, E. C., de-Lira, D. G., Mata, C. M. y Bonilla, Y. G. (2025). Prácticas alimentarias en niños en edad escolar para el fomento de hábitos alimenticios saludables. Experiencia desde Ensenada, Baja California. *Uniendo Saberes*, 71-90. https://doi.org/10.61728/AE20255527

OMS, Organización Mundial de la Salud (2025). Referencia de crecimiento IMC de 5-19 años. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age. Fecha de consulta: 20 de junio de 2025.

Pallan, M., Murphy, M., Morrison, B., Sitch, A., Adamson, A., Bartington, S., Dobell, A., Duff, R., Frew, E., Griffin, T., Hurley, K., Lancashire, E., McLeman, L., Passmore, S., Pokhilenko, I., Rowland, M., Ravaghi, V., Spence, S., & Adab, P. (2024). National school food standards in England: a cross-sectional study to explore compliance in secondary schools and impact on pupil nutritional intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 21(1), 123. https://dx.doi.org/10.1186/s12966-024-01672-w

Priego-Bravo, A., Castillo-Ruíz, O., González-Pérez, A. L., Almanza-Cruz, O., Ríos-Reyna, C. y Alemán-Castillo, S. E. (2023). Percepción de los docentes sobre las estrategias para mejorar la alimentación de estudiantes de educación básica en tiempos de Covid-19. Estudios sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(61), e 231320.

Ríos-Castillo, I., Lizárraga-Quintero, A., Ortega, L., Fontes, F. y Valdés, V. (2024). Estrategias innovadoras de educación alimentaria y nutricional para combatir el exceso de peso y la obesidad en niños de edad escolar empleadas en países hispanos: una revisión narrativa. *Revista Chilena de Nutrición*, 51(4), 333-339. https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182024000400333

Rocha-Olvera, A. K., Alemán-Castillo, S. E., Díaz-Ramírez, G., Vázquez-Nava, F., Rodríguez-Castillejos, G. C. y Castillo-Ruíz, O. (2023). Relación del nivel socioeconómico y el contenido de alimentos de los refrigerios escolares y el estado nutricio de niños de la frontera Norte de México. Estudios sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(62), e231331. https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1331

Rodríguez-Ramírez, S., Gaona-Pineda, E. B., Martinez-Tapia, B., Romero-Martínez, M., Mundo-Rosas, V. y Shamah-Levy, T. (2021). Inseguridad alimentaria y percepción de cambios en la alimentación en hogares mexicanos durante el confinamiento por la pandemia de Covid-19. *Salud Pública de México*, 63(6), 763-772. https://doi.org/10.21149/12790

Ros, I. A. y Botija, G. A. (2023). Nutrición en el niño en la edad preescolar y escolar. *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica*, 1, 455-466. https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/37_nutricion_escolar.pdf

Shamah-Levy, T., Lazcano-Ponce, E. C., Cuevas-Na-

su, L., Romero-Martínez, M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L. M., Mendoza-Alvarado, L. R. y Méndez-Gómez-Humarán, I. (2024). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2024. [En línea]. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2023/doctos/informes/ensanut_23_112024.pdf. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2025.

SSA, Secretaría de Salud/INSP, Instituto Nacional de Salud Pública/GISAMAC, Grupo Intersecretarial de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad/UNICEF, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2023). Guías alimentarias saludables y sostenibles para la población mexicana 2023. México. [En línea]. Disponible en: https://movendi.ngo/wp-content/uploads/2023/05/Gui_as_Alimentarias_2023_para_la_poblacio_n_mexicana.pdf. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2025.

Tarqui-Mamani, C. y Alvarez-Dongo, D. (2018). Prevalencia de uso de loncheras saludables en escolares peruanos del nivel primario. *Revista de Salud Pública*, 20, 319-325. https://dx.doi.org/10.15446/rsap.v20n3.60879

Tarqui-Mamani, C. B., Sanabria-Rojas, H. A., Pereyra-Zaldívar, H., Galarza-Anglas, A. A., Alcántara-Valdivia, P. E., Portugal-Benavides, W. J., Álvarez-Dongo, D. y Espinoza-Oriundo, P. (2023). Intervención educativa para reducir el sobrepeso y obesidad en escolares de una escuela primaria en Lima. *Diagnóstico,* 62(1), e426-e426. https://doi.org/10.33734/diagnostico.v62i1.426

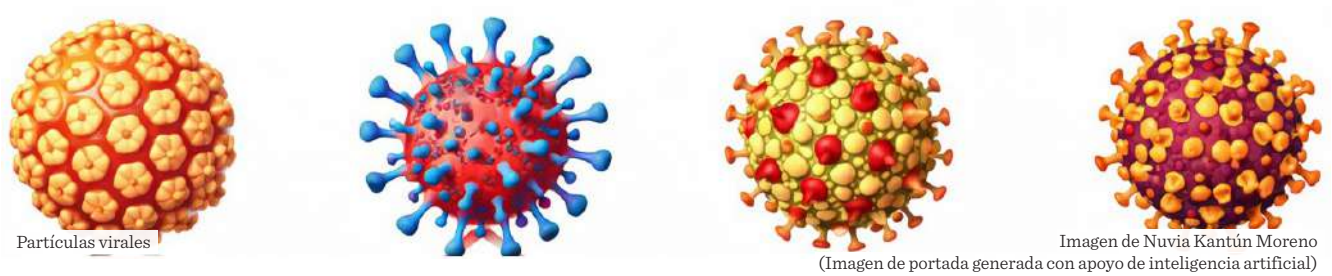
Valenzuela-Calvillo, L. S., Arellano-Ortiz, A. L., Cueto-Vallecillo, L. I., Hernández-Carrillo, J. G., Rodríguez-Tadeo, A. y Soto-García, M. (2022). Refrigerios escolares: comparación nutricional y adherencia a lineamientos gubernamentales bajo dos diferentes reglamentos internos. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 21(2), 9-19. https://dx.doi.org/10.29105/respyn21.2-2

Vélez, A. E. R., Beltrán, R. M. A. y Herrera, J. L. M. (2024). Riesgo dietético en escolares para la presencia temprana de dislipidemias (2024). *Revista-E Ibn Sina*, 15(1), 1-11. https://doi.org/10.48777/ibnsina.v15i1.1876

Vilchis-Gil, J., Klünder-Klünder, M., Duque, X., Martínez-Andrade, G., Martínez-Almaráz, A., Beristain-Lujano, B., & Flores-Huerta, S. (2021). Impact of a nutrition-related community intervention on the quantity and quality of children's school almuerzo. *Life*, 11(3), 253. https://dx.doi.org/10.3390/life11030253

Wall, C. J. & Pearce, J. (2023). Energy and nutrient content of school lunches provided for children attending school-based nurseries: a cross-sectional study. *Public Health Nutrition,* 26(12), 2641-2651. https://dx.doi.org/10.1017/S1368980023002331

Zeña-Ñañez, S., Sánchez-Sánchez, K. K. y Failoc-Rojas, V. E. (2022). Alimentos que contienen los refrigerios de preescolares de instituciones educativas. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 51(4), 1-12. http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v51n4/1561-3046-mil-51-04-e2026.pdf



Partículas virales

Imagen de Nuvia Kantún Moreno
(Imagen de portada generada con apoyo de inteligencia artificial)

Estructuras G-cuádruples en genomas virales: prometedoras dianas moleculares para fines terapéuticos

G-quadruplex structures in viral genomes: Promising molecular targets for therapeutic purposes

Joseline Ontiveros-Euán, Stefano Decle-Carrasco, Nuvia Kantún-Moreno*

RESUMEN

Las G-cuádruples (G4s) son estructuras secundarias de ácidos nucleicos presentes en todos los reinos biológicos. En humanos, han sido identificadas principalmente en los telómeros y en los promotores de oncogenes. En virus, las G4s han sido evidenciadas en genomas de ADN y ARN, aunque su relevancia funcional en los procesos infectivos y de patogénesis permanece escasamente caracterizada. El objetivo del presente trabajo fue dar a conocer el estado del arte actual de las estructuras G4s en virus, abarcando su identificación, características estructurales, interactores (proteínas virales y celulares), y su implicación en la regulación del ciclo viral. La evidencia actual demuestra que las estructuras G4s están presentes en todos los grupos de la clasificación de Baltimore y participan en la regulación de procesos esenciales, como la replicación, transcripción y traducción de proteínas. Los hallazgos científicos posicionan a las G4s como prometedoras dianas moleculares con miras a ser consideradas como una opción innovadora y viable para fines terapéuticos.

PALABRAS CLAVE: G-cuádruples, virus de humanos, genomas, antivirales, dianas moleculares.

ABSTRACT

G-quadruplexes (G4s) are secondary structures of nucleic acids present in all biological kingdoms. In humans, they have been identified mainly in telomeres and oncogene promoters. In viruses, G4s have been found in DNA and RNA genomes, although their functional relevance in infection and pathogenesis processes remains poorly characterized. The aim of this paper is to present the current state of the art of G4s structures in viruses, including their identification, structural features, interactors (viral and cellular proteins), and their involvement in the viral cycle regulation. Current evidence shows that G4s structures are present in all Baltimore classification groups and participate in the regulation of essential processes, such as replication, transcription, and protein translation. These scientific findings position G4s as promising molecular targets with a view to being considered as an innovative and viable option for therapeutic purposes.

KEYWORDS: G-quadruplexes, human viruses, genomes, antivirals, molecular targets.

***Correspondencia:** nuvia.kantun@correo.uady.mx**/Fecha de recepción:** 26 de agosto de 2025**/Fecha de aceptación:** 16 de enero de 2026**/Fecha de publicación:** 29 de enero de 2026.

Universidad Autónoma de Yucatán, Centro de Investigaciones Regionales, Dr. Hideyo Noguchi, Laboratorio de Virología, calle 43 núm. 613 x calle 90, col. Inalámbrica, Mérida, Yucatán, México, C. P. 97069.

INTRODUCCIÓN

Los virus son agentes infecciosos submicroscópicos que dependen de organismos huéspedes para replicarse. Su estructura básica consiste en material genético, ya sea ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (ARN) encapsulado en una cubierta proteica (Ruggiero y Richter, 2020). Estos parásitos moleculares, considerados las entidades biológicas más abundantes y diversas de la tierra, infectan a todos los tipos de organismos, desde bacterias y hongos hasta plantas y animales, incluidos los humanos, evolucionando simultáneamente con la vida misma (Koonin y col., 2020). Se caracterizan en términos de su morfología, tamaño y naturaleza del genoma, pero al no replicarse por sí mismos, necesitan de la maquinaria biosintética celular de otros organismos para propagarse; en consecuencia, infectan al hospedero, y con ello, son los responsables de brotes, epidemias y pandemias que afectan a la salud humana y otras especies (Edwards y col., 2022).

En la actualidad, se han logrado avances significativos en la identificación de dianas terapéuticas y desarrollo de antivirales específicos contra algunos virus humanos. Sin embargo, aún existen desafíos de salud pública debido a la falta de vacunas o tratamientos eficaces contra diversos virus humanos (Hargrave y col., 2021). Un caso emblemático es el del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), para el cual existen antirretrovirales que controlan la infección, pero aún no se dispone de una vacuna aprobada. Esta necesidad se ve acentuada por la rápida evolución viral, que exige reevaluar fármacos existentes (reposicionamiento) e investigar nuevas dianas moleculares (Yan y col., 2023). Precisamente, en dicho punto, las estructuras no canónicas de ácidos nucleicos (aquellas diferentes a la doble hélice) como las G-cuádruples, han sido de interés científico ante la extraordinaria diversidad de los genomas virales. Estas se pueden encontrar en forma monocatenaria o bicatenaria de ADN y ARN, empaquetados en segmentos o en una sola pieza y de manera lineal, segmentado o circular (Koonin y col., 2022).

El ADN es una macromolécula de mucha importancia biológica, puesto que contiene la información genética que hace únicos a los organismos vivos, y a los virus. Además, ésta es la base para la construcción del ARN. Cabe destacar que el ADN es una molécula altamente polimórfica o con una elevada flexibilidad conformacional (Pont y González-García, 2022). El ADN-β es la forma estructural más común en las células, la cual fue descrita por Watson y Crick en 1958 (Figura 1a). Sin embargo, este puede ser susceptible a estrés torsional que puede dar lugar a cambios conformacionales por la presencia de regiones ricas en guaninas (G) y citocinas (C), alteraciones en la concentración intracelular de iones, modificaciones de las bases (mutaciones) y la presencia de ciertos fármacos, entre otros. Todos esos factores pueden causar que el ADN-β adopte una conformación diferente. A dichas estructuras se les reconoce como "formas no canónicas del ADN". Una de estas estructuras de importancia actual son las G-cuádruples (G4s) (Teng y col., 2021; Pont y González-García, 2022; Sato y Knipscheer, 2023).

Las G4s representan interesantes dianas de estudio, ya que se forman en el ADN o ARN, en específico, en regiones ricas en G. Abundan en los organismos vivos, e incluso en los virus, por lo que su localización en el genoma y su función son de interés científico. El ADN-G4 fue presentado por primera vez por Gellert y col. (1962), pero no fue hasta hace algunos años que estas estructuras llamaron la atención de la comunidad científica debido a su relación con diversos procesos biológicos como la transcripción, traducción, replicación del ADN y en la inestabilidad genómica de genes, y por su potencial en aplicaciones terapéuticas como dianas moleculares para el cáncer, sistemas de administración de fármacos y de enfermedades, y como antivirales (Abiri y col., 2021; Artusi y col., 2021; Datta y col., 2021; Debbarma y Acharya, 2022).

Los primeros estudios consistieron en la identificación de estas estructuras tetracatenarias

CienciaUAT. 20(2): 67-81 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2052

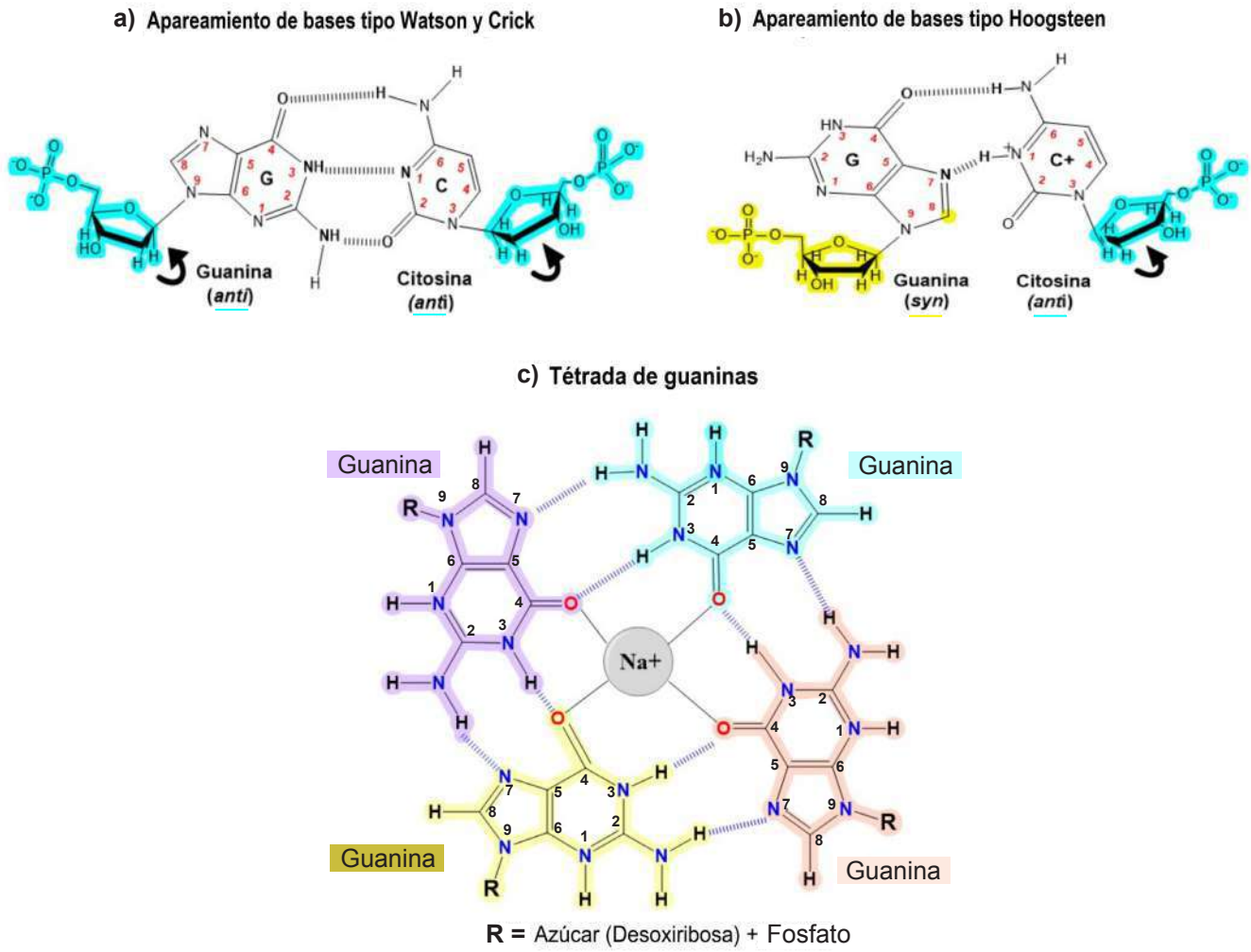


Figura 1. Representación esquemática del apareamiento de bases en el ADN dúplex a la forma G-cuádruple.
Figure 1. Schematic representation of base pairing in duplex DNA to the G-quadruplex form.

en el genoma humano, luego en el diseño de ligandos específicos para la búsqueda de medicamentos contra el cáncer, y no mucho tiempo después se mapearon mediante el uso de técnicas moleculares en el genoma de algunos virus, en donde todavía se están elucidando sus funciones biológicas (Ruggiero y col., 2021).

Diferentes estudios han evidenciado la presencia de estas estructuras en células vivas. Summers y col. (2021) emplearon anticuerpos específicos para visualizar G4s teloméricos en *Stylonychia lemnae* y anticuerpos de alta afinidad para G4s de ADN y ARN en células de mamíferos por medio de inmuno-fluorescencia. Recientemente, diseñaron sondas para el estudio *in vivo* de la dinámica molecular de las G4s en tiempo real, utilizando DAOTA-M2, una sonda fluorescente que identifica G4s en células vivas, para estudiar dichas estructuras y sus interacciones con aglutinantes en células epiteliales del osteosarcoma óseo humano (U2OS). Otro ejemplo, es el trabajo de Di-Antonio y col. (2020) con la sonda fluorescente específica SiR-PyPDS, la cual com-

bina el fluoróforo rojo de silicónrodamina (SiR) con un análogo del ligando G4 piridostatina (PyPDS). Estas nuevas metodologías podrían ser de utilidad para estudiar su función y dinámica ante infecciones virales.

En este contexto, la investigación de G4s en virus humanos es una opción muy atractiva de estudio, puesto a que se le ha relacionado con la replicación y la recombinación viral, en la regulación de la virulencia a través de la expresión génica y en pasos claves en el ciclo infectivo que es muy particular de cada virus estudiado.

El objetivo del presente trabajo fue dar a conocer el estado del arte actual de las estructuras G4s en genomas virales, abarcando su identificación, características estructurales intrínsecas, interactores como proteínas virales y celulares, y su implicación en la regulación del ciclo viral.

Procedimiento de búsqueda de información

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos PubMed, desarrollada por el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, por sus siglas en inglés: National Center for Biotechnology Information) de los Estados Unidos. La estrategia consistió en el empleo de términos clave en inglés: "estructura y función de las G-cuádruples" (G-quadruplex structural and functions), "G-cuádruples en virus" (G-quadruplex in virus), "actividad antiviral de G-cuádruples" (antiviral activity of G-quadruplex) y "aplicaciones de las G-cuádruples" (applications of G-quadruplex). Se incluyeron tanto artículos originales como revisiones científicas publicadas en los últimos 15 años y algunas referencias clásicas y relevantes en virus, dando mayor énfasis a aquellos trabajos publicados en los últimos 5 años. Posteriormente, se clasificó y revisó la información, destacando en este trabajo sus aspectos estructurales y los estudios actuales en virus de importancia médica, considerándose su función demostrada.

Aspectos estructurales de las G4s

Las G4s fueron propuestas por primera vez por Gellert y col. (1962), quienes publicaron la primera estructura de un tetrámero planar de G (G-tétradas) formando un gel; posteriormente, Henderson y col. (1987) caracterizaron la estructura completa de una ADN-G4 en los telómeros humanos. Este hallazgo fue el inicio de múltiples investigaciones para identificarlas en el genoma humano (incluyendo promotores de oncogenes), sus funciones biológicas y posibles aplicaciones, debido a que, su localización no es aleatoria; más adelante, los estudios se enfocaron en otros organismos, incluyendo virus. A partir del descubrimiento de G4 en papovirus SV-40 (Tuesuwan y col., 2008), las investigaciones han ido en aumento, asociadas al creciente interés en la elucidación de estas estructuras en genomas virales, la interacción de las G4s con las proteínas del hospedero y su función en células infectadas.

Las G4s son estructuras de ácido nucleico no canónicas que son ubicuas y que pueden formarse en secuencias ricas en G del ADN y ARN. Se conforman por más de dos unidades planas cuadradas, denominadas G-tétradas, que están apiladas una sobre otra. Cada tétrada se forma con cuatro G que se mantienen en una disposición plana a través de puentes de hidrógeno de tipo Hoogsteen (Figura 1b) con un catión monovalente central, preferentemente K^+ o Na^+ (Figura 1c); la presencia de dichos iones estabiliza a las G4s. Dependiendo del tamaño del catión, este puede situarse en el mismo plano de la G-tétrada, formando 4 enlaces covalentes coordinados con los átomos de oxígeno de las G4s (en el caso del Na^+, Figura 1c) u 8 enlaces con el K^+, localizándose entre dos tétradas en un arreglo bipiramidal anti prismático (Pont y González-García, 2022).

Las G4s se forman a partir de secuencias con el motivo $G_{2-5}N_{L1}G_{2-5}N_{L2}G_{2-5}N_{L3}G_{2-5}$, de las que de 2 G a 5 G son separadas por horquillas (en inglés, *loops*) de hasta 7 nucleótidos mixtos (Puig-Lombardi y Londoño-Vallejo, 2020). Sin embargo, esta definición ha sido ampliada para integrar G4s con imperfecciones, como lo son protuberancias (*bulges*) y apareamientos

CienciaUAT. 20(2): 67-81 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2052

erróneos (*mistmatches*), que resultan de la presencia de bases distintas a la G en una o más G-tétradas, diferenciándose del motivo G4 canónico (Das y col., 2021). La existencia de G4s atípicas ha sido validada mediante experimentos *in vitro* e *in vivo* y actualmente se consideran en la identificación *in silico* con programas bioinformáticos (Puig-Lombardi y Londoño-Vallejo, 2020).

Las estructuras G4s pueden adoptar múltiples conformaciones en los ácidos nucleicos (Pont y González-García, 2022). Al ser polimórficas, su topología se basa en el tipo de *loop*, la orientación y el número de hebras. En este contexto, se clasifican en G4s intramoleculares o intermoleculares. El primer tipo se forma a partir de una hebra y el segundo tipo contiene más de dos hebras que pueden ser G4s bimoleculares (dos hebras ricas en G) o tetramoleculares (cuatro hebras) (Figura 2). De acuerdo con la orientación de las hebras pueden adoptar conformaciones de tipo: paralela, antiparalela o mixta (Figura 2). En las G4s paralelas, todas las hebras están orientadas en la misma dirección (4 + 0) mientras que, en las conformaciones antiparalelas, la orientación es opuesta para la mitad del total de las hebras (2 + 2). Por su parte, las G4s mixtas o híbridas tienen una hebra en dirección opuesta a las tres restantes (3 + 1) (Biver, 2022). De igual manera, estas estructuras se conectan por diferentes tipos de *loops*; el tipo hélice conecta las hebras paralelas, la lateral puede conectar hebras antiparalelas adyacentes y la diagonal une hebras antiparalelas a través del núcleo de la G-tétrada.

En el caso de las G4s de ARN, son estructuras mucho más estables termodinámicamente en comparación con las de ADN (Fay y col., 2017). La presencia del grupo 2′-hidroxilo en la ribosa del ARN posibilita más interacciones intramoleculares dentro de la misma molécula, formándose enlaces de hidrógeno extras, favoreciendo así a la hidratación molecular y a su estabilidad (Caterino y Paeschke, 2022). Estas mismas propiedades biofísicas promueven que las G4s sean menos polimórficas en el ARN. Se considera que la conformación G4 paralela es la más predominante y se debe a la conformación *anti* (Figura 2) de los enlaces glicosídicos en los ribonucleótidos del ARN (Lyu y col., 2021).

La formación de estas estructuras depende de la composición de los nucleótidos de las hebras y de otros factores externos como la fuerza iónica o la temperatura. Es importante señalar que, a la hora de evaluar el potencial de la formación de las G4s y sus posibles funciones, es necesario tener en cuenta sus propiedades termodinámicas y cinéticas. Ellas pueden interactuar específicamente con proteínas o incluso con ligandos más pequeños, que pueden competir con las proteínas o imitar algunas de sus funciones (Caterino y Paeschke, 2022).

Estructuras G4s en virus

Los virus se pueden clasificar por diferentes características, como la estructura de la cápside, tipo de ácido nucleico y polaridad, presencia de envoltura o tipo de infección. La taxonomía de los virus es dada por el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) (https://ictv.global/taxonomy/) y toma en consideración la clasificación de Baltimore, la cual se basa en el tipo de genoma viral y la ruta por el cual su información genética se transfiere (Ruggiero y Richter, 2020). Se categorizan en 7 grupos o clases; grupo 1: ADN bicatenario (ADNbc); grupo 2: ADN monocatenario (ADNmc); grupo 3: ARN bicatenario (ARNbc); grupo 4: ARN monocatenario positivo ($ARNmc^{+}$); grupo 5: ARN monocatenario negativo (ARNmc-); grupo 6: ARNmc retrotranscrito (ARNmcRT) y grupo 7: ADNbc retrotranscrito (ADNbcRT) (Koonin y col., 2021).

Se ha descrito la presencia de G4s en la mayoría de los grupos de Baltimore, evidenciando que son una característica de cada familia viral (Lavezzo y col., 2018). Los primeros estudios identificaron G4s en genomas virales de importancia médica mediante programas bioinformáticos, seguidos de validaciones *in vitro*. Sin embargo, pocos trabajos han

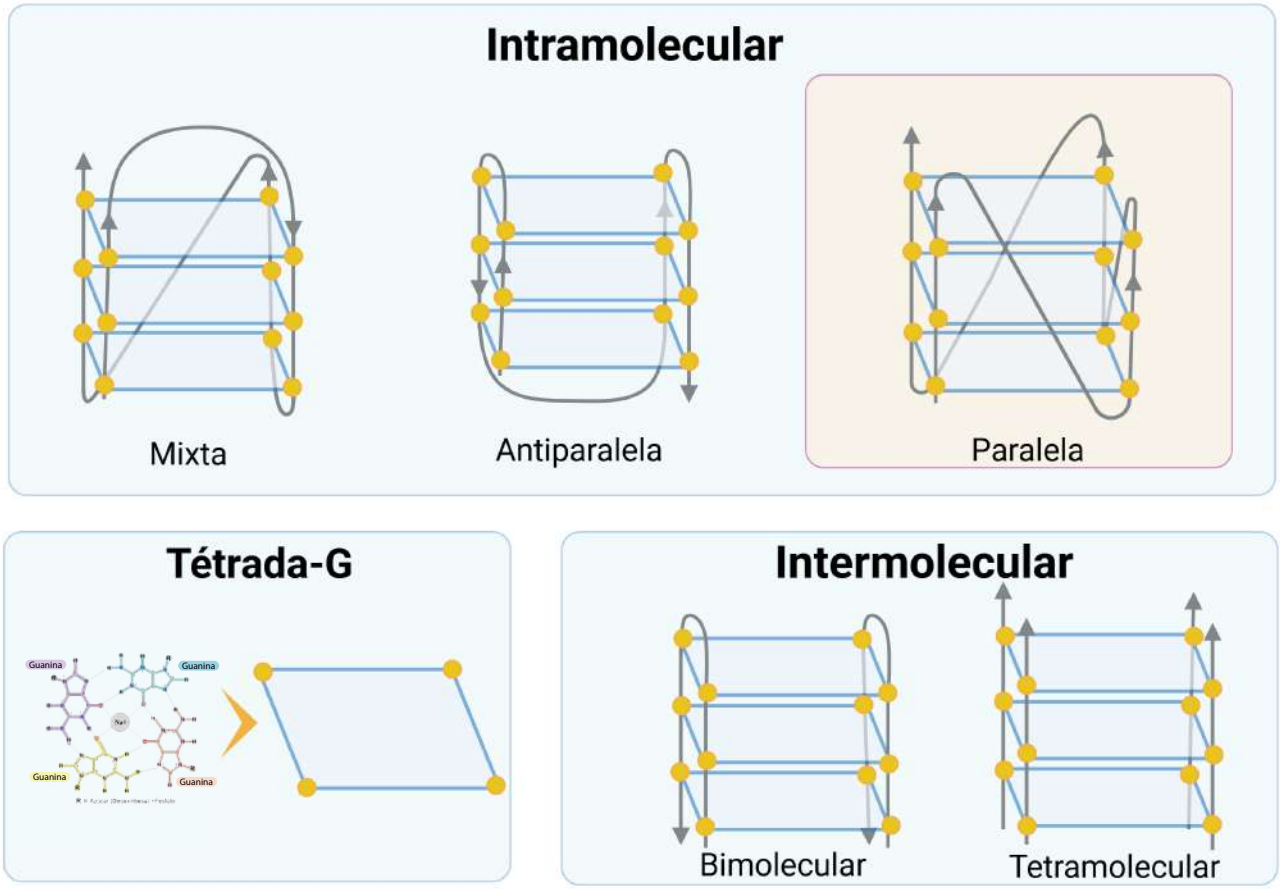


Figura 2. Representaciones topológicas de una estructura de ADN G-cuádruple.
Figure 2. Topologic representations of a G-quadruplex DNA structure.

confirmado experimentalmente las G4s predichas en virus humanos y su función biológica. Revisiones recientes destacan algunas interacciones entre las G4s y sus funciones en virus (Lavezzo y col., 2018; Abiri y col., 2021; Zareie y col., 2024).

La alta densidad y ubicación de las G4s en los genomas virales sugieren un papel clave en la replicación, recombinación, regulación de la virulencia y expresión génica (Abiri y col., 2021; Zareie y col., 2024). Por ejemplo, en el virus del herpes simple 1 (VHS-1), su genoma rico en Guanina-Citosina (GC) contiene secuencias repetidas que forman G4s estables, favoreciendo la replicación del ADN viral (Frasson y col., 2019). En el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1), el promotor LTR presenta una región rica en G conservadas en la región U3, generando G4s funcionales que regulan la replicación y transcripción viral. Debido a su relevancia, las G4 son consideradas blancos terapéuticos en virus de ADN y ARN como Zika, Virus de la hepatitis B (VHB), Ébola, Herpesvirus, SARS-CoV-2 y Nipah (Ruggiero y Richter, 2020). A continuación, se presentan ejemplos de su caracterización en virus patógenos humanos, clasificados según su composición genómica.

G4s en virus de ADN

Entre los virus ADNbc, la familia Herperviridae presenta una alta frecuencia de motivos G4s en regiones reguladoras y repetidas del genoma (Ruggiero y Richter, 2020). Los VHS-1 y VHS-2 son los que presentan una mayor cantidad de G4s detectadas hasta el mo-

 CienciaUAT. 20(2): 67-81 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2052

mento. Muchas de estas se encuentran en los genes de expresión inmediata temprana (IEGs, por sus siglas en inglés: Inmediate Early Gene), sugiriendo que actúan como moduladores de la transcripción a nivel del promotor (Frasson y col., 2019). Por su parte, se han identificado 36 motivos G4s dispersos en todo el genoma de los citomegalovirus, 20 de ellos entre los genes inmediatos, tempranos y tardíos. Estos, en su mayoría, adoptando una conformación G4 paralela y actuando en el control de la expresión génica viral, por lo que se especula que participan en el establecimiento de la infección latente en esos virus (Ravichandran y col., 2018).

También, se ha demostrado la presencia de estructuras G4s conservadas en muchas de las especies de la familia Adenoviridae, pero con mayor porcentaje en cepas que infectan al humano. Cabe destacar, el papel de estos virus en la biotecnología roja (centrada en la medicina y salud humana), por su papel como vectores de transferencia en terapia génica. La caracterización funcional de dichas estructuras evidenció la presencia de 15 G4s conservadas en varias cepas de adenovirus, las cuales están situadas en genes esenciales (E1B, E2B, L3, entre otros) para su ciclo infectivo (Bohálová y col., 2021). La estabilización de los motivos G4s en estos virus permiten la producción de viriones (Majee y col., 2020). Varios estudios apoyan firmemente la existencia de estructuras G4s en el genoma de los adenovirus humanos (HAdV) que afectan a la multiplicación del virus y plantean que dichas estructuras pueden influir en la eficacia de los vectores de liberación del gen o incluso en el ciclo de vida de los HAdV (Majee y col., 2020).

En los papilomavirus humanos, se ha detectado la presencia de G4s en solo 8 genotipos, 2 de ellos son de alto riesgo oncogénico. Estas estructuras se encontraron en la región larga de control (LCR, por sus siglas en inglés: Long Control Region) de los virus del papiloma humano (VPH) 52 y 58 (Marušič y Plavec, 2019), en el gen L1 de VPH 57, en el gen E1 de los VPH 32 y 42, y en el gen E4/E2 de los VPH 3, 9 y 25; su posición sugiere que la formación de estas estructuras en el genoma viral está relacionada con la transcripción y pueden ser zonas de interés para el diseño de antivirales (Tlučková y col., 2013). Por su parte, Marušič y col. (2017) evidenciaron el potencial de 8 secuencias ricas en G en los genomas de los VPH de alto riesgo 16, 18, 52 y 58. También indicaron la formación de una G4 inestable en L2 de VPH 16, debido a una alta cantidad de polimorfismos estructurales que favorecen la competencia con la formación| de horquillas. Además, determinaron que las G4s de los VPH 52 y 58 eran las más estables.

Existe poca información de los virus de ADNmc; sin embargo, se reportó la existencia de G4s en virus adenoasociados y las han relacionado con nucleofosmina, una proteína encargada de la estabilidad del genoma, reparación y replicación del ADN. En dicho contexto, se reportó que su interacción con esta podría resultar en la inhibición de la replicación del ADN viral y hasta celular (Satkunanathan y col., 2017).

El VHB es el único virus humano perteneciente al grupo de ADNbcRT que presenta estructuras G4s en su genoma. Se identificó una G4 conservada tipo mixta en el promotor preS2 del gen S, y se observó que la estabilización de esta, mediante ligandos, incrementa la transcripción viral, lo que resultó en una mayor expresión del antígeno de superficie (HBsAg) del virus de la hepatitis B y en una mayor secreción de viriones (Biswas y col., 2017). También, se han identificado estructuras G4s en el promotor preC del VHB mediante ensayos biofísicos y experimentos *in vitro* en células HepG2 infectadas con este virus, reportándose un efecto inhibitorio en la replicación viral. Dicha región promotora es esencial para la transcripción del gen C y la posterior traducción de proteínas de la nucleocápside (Meier-Stephenson y col., 2021). En la Tabla 1, se presentan algunas G4s reportadas de distintos virus de ADN.

Tabla 1. Motivos G4s predichos y/o validados experimentalmente en algunos virus de ADN de importancia médica.
Table 1. Predicted and/or experimentally validated G4s motifs in some medically important DNA viruses.

Familia	Genoma	Virus	G4s-P[1]	Región génica	G4s-V[2]	Función	Estructura	Ref.
Herpesviridae	ADNbc 152 Kb	VHS-1	21	Genes tempranos inmediatos	21	Ajustan la actividad de los promotores IEGs	G4s paralelas y mixtas, de hasta 5 islas de 3 o 4 guaninas	Frasson y col. (2019)
	ADNbc 154 Kb	VHS-2	318	Genes tempranos y tardíos	5*	Representan el mimetismo del virus de los elementos reguladores del huésped. Participan en la regulación de genes tempranos inmediatos	G4s atípicas de 3 a 5 G en cada isla	Biswas y col. (2017)
			12	Genes tempranos inmediatos	12	Ajustan la actividad de los promotores IEGs	G4s paralelas y mixtas, de hasta 5 islas de 3 G	Frasson y col. (2019)
	ADNbc 124 Kb	VZV	6	Genes tempranos inmediatos	6	Influyen en la transcripción	G4 paralelas y mixtas de hasta 5 islas de 2 a 4 G	Frasson y col. (2019)
	ADNbc 172 Kb	EBV	31	ORF de ARNm de EBNA1	1	Responsable de la regulación que actúa en cis de la traducción del ARNm viral. Impiden la actividad ribosomal durante la elongación en la traducción	G4s intramoleculares paralelas	Dinh y col. (2023)
Papillomavirus	ADNbc ~ 8Kb	VPH 52	n.d	LCR	1	n.d	G4s de 5 tétradas ricas en guanina con bucles tipo V. ID PDB: 5O4D.	Marušič y Plavec (2017)
Hepadnaviridae	Parcial ADNbc ~ 3.2 Kb	VHB	n.d	Gen presS2/S	1	Regula la transcripción	G4s mixtas con tétradas de 3 G	Biswas y col. (2017)

Continúa...

Adenoviridae	ADNbc 35.341 Kb	HAdV	n.d	E1B, gen estructural hexon, VII, E2B	15	Presentan un papel regulador en las funciones del virión	n.d	Majee y col. (2020)

[1]G4s-P: Motivos G4s predichos por softwares bioinformáticos.
[2]G4s-V: Estructuras G4s validadas experimentalmente.
n.d: no determinado.
*Seleccionadas de manera aleatoria.

G4s en virus de ARN

Se ha reportado una mayor cantidad de motivos de G4s en virus de ARNmc de hebra positiva y negativa (Fay y col., 2017). Sin embargo, en los virus de ARNbc no hay información reportada y en los virus de ARNmcRT son pocas las G4s descritas (Ruggiero y Richter, 2020: Abiri y col., 2021).

Entre los virus ARNmc- se ha detectado una G4 en el gen L del virus del ébola. Este gen codifica para la ARN polimerasa dependiente del ARN viral, responsable de la replicación y transcripción; la estabilización de esta G4 por medio de ligandos puede disminuir la actividad de la polimerasa e inhibir la replicación viral (Wang y col., 2016b). En el virus de la influenza H1N1 también se ha detectado, con mayor frecuencia, posibles secuencias formadoras de G4 (SFG4) en el segmento NP del genoma viral. Dicho gen codifica una nucleoproteína que se encarga de la replicación viral y, por lo tanto, la formación de esta G4 podría ser una posible diana molecular (Brázda y col., 2023).

Existe una gran variedad de virus de ARNmc$^+$ en los que se ha reportado la presencia de G4s, pertenecientes a familias como *Flaviviridae* y *Coronaviridae* (Lavezzo y col., 2018; Ji y col., 2021; Cui y Zhang, 2020). En la familia *Flaviviridae*, se descubrieron 4 G4s paralelas en el genoma del virus del Zika, 2 se localizaron en la región codificante del gen NS5, y las otras 2, en los genes NS2 y NS4B, dichos datos implican a estas estructuras en la patogénesis del virus (Gemmill y col., 2024). En VHC se identificaron 6 SFG4, siendo la más estable una G4 en el gen de la proteína C o de la cápside. Un estudio *in vivo* reveló que el derivado de piridostatina (PDP), un ligando G4, puede estabilizar esta G4 e inhibir la replicación intracelular y la traducción (Wang y col., 2016a). Otro estudio demostró que la unión de la proteína celular, nucleolina, con esta estructura G4 puede frenar la replicación viral. Ambos, actuando como un posible mecanismo de inmunidad antiviral (Bian y col., 2019).

En los *Coronoviridae*, se han detectado G4s en tres de los virus más patógenos en humanos, raros y altamente contagiosos de dicha familia, responsables de emergencias sanitarias a nivel mundial. En el virus SARS-CoV se identificó que el subdominio SUD-M de la proteína no estructural multidominio 3 (Nsp3) interacciona con una G4 y este es esencial para su actividad de replicación/transcripción. También, el mismo subdominio, se ha encontrado en el coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (Mers-CoV) (Kusov y col., 2015). Por medio de un análisis *in silico*, se elucidaron G4s en la región codificante de la proteína S en 5 coronavirus, incluyendo al SARS-CoV, SARS-CoV-2 y MERS-CoV (Cui y Zhang, 2020). En el SARS-CoV-2 se identificaron 25 (Ji y col., 2021).

Aunque no hay trabajos que describan la existencia G4 en virus de ARNbc, Lavezzo y col. (2018) mencionaron que, en los virus de ese grupo pudieron determinar pocas SFG4 potenciales, sin embargo, todas ellas se encontraban altamente conservadas, sugiriendo un potencial interés biológico. Bohálová y col. (2021) reportaron que los virus responsables de enfermedades agudas, como el rotavirus,

un virus que pertenece a este grupo, presenta frecuencias muy bajas de motivos de G4s (0.68 por 1000 nt).

El VIH, agente etiológico del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) pertenece al grupo de los virus ARNmcRT. En el genoma de este virus, se han reportado secuencias que pueden formar G4s en la región gag, la cual codifica para formar sus proteínas estructurales del virus (Piekna-Przybylska y col., 2014). Además, se han encontrado múltiples G4s en la región U3, situada en el extremo 5′ de la forma proviral del VIH-1, superpuestas con los tres sitios de unión de Sp1 del promotor viral, en las formas de ARN y ADNmc. Ello sugiere que, cuando ocurre la infección viral, las G4s se pliegan en el genoma del ARN como en el promotor del provirus del VIH-1 y tienen un papel importante en la regulación del virus (Piekna-Przybylska y col., 2014; Amrane y col., 2022). Diversas G4s han sido localizadas en el promotor LTR proviral, en esta región se pueden formar 3 estructuras superpuestas: LTR-II, LTR III y LTR-IV. La región LTR III puede formar G4s híbridas con una conformación cuádruplex-dúplex y la región LTR-IV presenta una G4 paralela en el final 3′. La estabilización de la primera G4 suprime la transcripción viral, y la segunda, realiza todo lo contrario, es decir, incrementa la actividad transcripcional (De-Nicola y col., 2016; Butovskaya y col., 2018). En la Tabla 2, se presenta información de algunas G4s de virus de ARN.

La participación de las estructuras G4s en procesos virales esenciales, las vuelve de interés como blancos moleculares para el diseño de antivirales. Se han estudiado diversos ligandos, particularmente moléculas de bajo peso molecular, de naturaleza predominantemente aromática y planar, lo que les confiere que puedan intercalarse o apilarse sobre las tétradas de G de las G4s (Abiri y col., 2021). El mecanismo de acción más estudiado es la estabilización de estas estructuras, impidiendo que proteínas celulares actúen sobre las G4s e interfiriendo así procesos como la replicación, transcripción de genes o traducción de proteínas virales. En otras palabras, se "bloquea" la estructura y se impide que enzimas celulares esenciales para la replicación viral, como las helicasas (p. ej., DHX36, DHX9, FANCJ, PIF1) y polimerasas (tanto de ADN como de ARN), la desenrollen. Sin embargo, también se propone el empleo de ligandos para revertir la estructura G4 a una forma monocatenaria y regular negativamente la persistencia viral (Zareie y col., 2024).

Entre los ligandos de estructuras de G4s más investigados por su potencial actividad antiviral se encuentran: 1) las porfirinas y sus derivados, como TMPyP4 y N-metil mesoporfirina IX (NMM), que se han evaluado frente a una amplia gama de virus, como el de la viruela símica (MPXV), el virus Zika, el SARS-CoV-2, VHS-1 y VIH, no obstante, es importante señalar que, algunas porfirinas también han sido propuestas como compuestos con potencial carcinogénico; 2) compuestos de bisquinolinio, como PhenDC3, que han demostrado eficacia contra el virus de Epstein-Barr (VEB), el de la hepatitis B (VHB), el citomegalovirus humano (HCMV) y el VPH; 3) las acridinas, entre las que destaca BRACO-19, ligando que ha demostrado capacidad para re-gular la expresión viral por sí solo en diver-sos patógenos, como el VIH-1, MPXV, SARS-CoV-2 y VPH; 4) PDS y sus derivados, que han sido activos contra virus como el VPH, HCMV, VIH y SARS-CoV-2 (Ruggiero y col., 2021; Zareie y col., 2024).

Un desafío crítico actual, en el desarrollo de estas terapias, es la selectividad. En dicho contexto, se están explorando estrategias terapéuticas alternativas y más selectivas en algunos virus para evitar los efectos fuera de diana (por sus siglas en inglés: *off-target effects*), como la unión inespecífica a los G4s del hospedero que podría desencadenar efectos adversos (p. ej., citotoxicidad). Entre estas estrategias se incluyen el diseño de oligonucleótidos antisentido, la estabilización de G4 mediada por el sistema CRISPR-Cas9, el empleo de ARN de interferencia (ARNi) y el desarrollo de aptámeros (Zareie y col., 2024).

Tabla 2. Motivos G4s predichos y/o validados experimentalmente en algunos virus de ARN de importancia médica.
Table 2. Predicted and/or experimentally validated G4s motifs in some medically important RNA viruses.

Familia	Genoma	Virus	G4s-P[1]	Región génica	G4s-V[2]	Función	Estructura	Ref.
Retroviridae	ARNmc+ 9.75 Kb	VIH-1	12	LTR U3	2	Actúa como un elemento represor en la activación transcripcional	G4s paralelas intramoleculares de 3 islas con al menos 3 G	De-Nicola y col. (2016)
			10	LTR Sp1, región Env/Rev y región tat	8	Actúan como elementos silenciadores para regular la transcripción viral	G4s de 3 islas que contienen, al menos, 3 G o G4s que, a parte, contienen una isla de 2 G	Amrane y col. (2022)
Flaviviridae	ARNmc+ 9.6 Kb	VHC	6	UTR del extremo 3′ del ARN (-)	1	Participan en la replicación viral y en la síntesis de ARN.	n.d	Wang y col. (2016a)
	ARNmc+ 10.49 Kb	ZikV	64-78	prM, E, NS1, NS3, NS5 y UTR del extremo 3′	4	Inhiben la replicación viral	G4s paralelas	Gemmill y col. (2024)
Coronaviridae	ARNbm+ 29.9 Kb	SARS-Cov-2	25	ORF1 ab, spike (S), ORF3a, membrana (M), nucleocápside (N) gen	2	Inhibe la elongación en la traducción y podría desempeñar un papel fundamental en la replicación, ensamblaje y modulación de la respuesta inmune.	G4s paralelas con tétradas de 2 G consecutiva	Ji y col. (2021)
Paramyxoviridae	ARNmc- 18.2 Kb	Nipah	43	Genes G y L	2	Tienen potencial para la replicación viral, ya que podrían regular la maquinaria de transcripción viral. Implicación directa en la traducción	G4s con tétradas de 2 G consecutivas	Majee y col. (2020)
Orthomyxoviridae	ARNmc- 13.3 Kb	H1N1	571	Segmentos NP, NA, PB2, M y HA	5	Regulan la replicación viral	n.d	Brázda y col. (2023)

[1]G4s-P: Motivos G4s predichos por softwares bioinformáticos.
[2]G4s-V: Estructuras G4s validadas experimentalmente.
n.d: no determinado.

CONCLUSIONES

El estudio de las estructuras G4s en virus representa un campo de investigación en constante crecimiento, con un enorme potencial en biomedicina. Comprender su biología estructural y funcional no solo permite desentrañar los mecanismos que regulan procesos clave en el ciclo infectivo de los virus, sino que también abre la puerta al desarrollo de nuevas aplicaciones en la virología. Se han propuesto con un doble propósito, ya sea como dianas terapéuticas para el desarrollo de nuevos tratamientos o como herramientas biotecnológicas en sistemas de diagnóstico de enfermedades y administración de fármacos. Así, estas fascinantes estructuras no canónicas de ácido nucleico están redefiniendo la manera en que se entiende al ADN o ARN en la virología moderna.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Ciencia de frontera CF-2023-I-600 "Evidenciando G-cuádruples en el virus del papiloma humano tipo 16: Una nueva visión estructural de su ADN como blanco terapéutico", el cual es financiado por SECIHTI, antes CONAHCYT.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Abiri, A., Lavigne, M., Rezaei, M., Nikzad, S., Zare, P., Mergny, J. L., & Rahimi, H. R. (2021). Unlocking G-Quadruplexes as Antiviral Targets. *Pharmacological Reviews*, 73(3), 897-923. https://doi.org/10.1124/PHARMREV.120.000230

Amrane, S., Jaubert, C., Bedrat, A., Rundstadler, T., Recordon-Pinson, P., Aknin, C., Guédin, A., De-Rache, A., Bartolucci, L., Diene, I., Lemoine, F., Gascuel, O., Pratviel, G., Mergny, J. L., & Andreola, M. L. (2022). Deciphering RNA G-quadruplex function during the early steps of HIV-1 infection. *Nucleic Acids Research*, 50(21), 12328-12343. https://doi.org/10.1093/NAR/GKAC1030

Artusi, S., Ruggiero, E., Nadai, M., Tosoni, B., Perrone, R., Ferino, A., Zanin, I., Xodo, L., Flamand, L., & Richter, S. N. (2021). Antiviral activity of the g-quadruplex ligand tmpyp4 against herpes simplex virus-1. *Viruses*, 13(2). https://doi.org/10.3390/V13020196

Bian, W. X., Xie, Y., Wang, X. N., Xu, G. H., Fu, B. S., Li, S., Long, G., Zhou, X., & Zhang, X. L. (2019). Binding of cellular nucleolin with the viral core RNA G-quadruplex structure suppresses HCV replication. *Nucleic Acids Research*, 47(1), 56-68. https://doi.org/10.1093/NAR/GKY1177

Biswas, B., Kandpal, M., & Vivekanandan, P. (2017). A G-quadruplex motif in an envelope gene promoter regulates transcription and virion secretion in HBV genotype B. *Nucleic Acids Research*, 45(19), 11268-11280. https://doi.org/10.1093/NAR/GKX823

Biver, T. (2022). Discriminating between Parallel, Anti-Parallel and Hybrid G-Quadruplexes: Mechanistic Details on Their Binding to Small Molecules. *Molecules*, 27(13). https://doi.org/10.3390/MOLECULES27134165

Bohálová, N., Cantara, A., Bartas, M., Kaura, P., Šťastný, J., Pečinka, P., Fojta, M., Mergny, J. L., & Brázda, V. (2021). Analyses of viral genomes for G-quadruplex forming sequences reveal their correlation with the type of infection. *Biochimie*, 186, 13-27. https://doi.org/10.1016/J.BIOCHI.2021.03.017

Brázda, V., Valková, N., Dobrovolná, M., & Mergny, J. L. (2023). Abundance of G-Quadruplex Forming Sequences in the Hepatitis Delta Virus Genomes. *ACS Omega*, 9(3), 4096-4101. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09288

Butovskaya, E., Heddi, B., Bakalar, B., Richter, S. N., & Phan, A. T. (2018). Major G-Quadruplex Form of HIV-1 LTR Reveals a (3 + 1) Folding Topology Containing a Stem-Loop. *Journal of the American Chemical Society*, 140(42), 13654-13662. https://doi.org/10.1021/jacs.8b05332

Caterino, M. & Paeschke, K. (2022). Action and function of helicases on RNA G-quadruplexes. *Methods (San Diego, Calif.)*, 204, 110-125. https://doi.org/10.1016/J.YMETH.2021.09.003

Cui, H. & Zhang, L. (2020). G-Quadruplexes Are Present in Human Coronaviruses Including SARS-CoV-2. *Frontiers in Microbiology*, 11. https://doi.org/10.3389/FMICB.2020.567317

Das, P., Winnerdy, F. R., Maity, A., Mechulam, Y., & Phan, A. T. (2021). A novel minimal motif for left-handed G-quadruplex formation. *Chemical Communications*, 57(20), 2527-2530. https://doi.org/10.1039/D0CC08146A

Datta, A., Pollock, K. J., Kormuth, K. A., & Brosh, R. M. (2021). G-Quadruplex Assembly by Ribosomal DNA: Emerging Roles in Disease Pathogenesis and Cancer Biology. *Cytogenetic and Genome Research*, 161(6-7), 285-296. https://doi.org/10.1159/000516394

De-Nicola, B., Lech, C. J., Heddi, B., Regmi, S., Frasson, I., Perrone, R., Richter, S. N., & Phan, A. T. (2016). Structure and possible function of a G-quadruplex in the long terminal repeat of the proviral HIV-1 genome. *Nucleic Acids Research*, 44(13), 6442-6451. https://doi.org/10.1093/NAR/GKW432

Debbarma, S. & Acharya, P. C. (2022). Targeting G-Quadruplex DNA for Cancer Chemotherapy. *Current Drug Discovery Technologies*,19(3). https://doi.org/10.2174/1570163819666220214115408

Di-Antonio, M., Ponjavic, A., Radzevičius, A., Ranasinghe, R. T., Catalano, M., Zhang, X., Shen, J., Needham, L. M., Lee, S. F., Klenerman, D., & Balasubramanian, S. (2020). Single-molecule visualization of DNA G-quadruplex formation in live cells. *Nature Chemistry*, 12(9), 832-837. https://doi.org/10.1038/S41557-020-0506-4

Dinh, V. T., Loaëc, N., Quillévéré, A., Le-Sénéchal, R., Keruzoré, M., Martins, R. P., Granzhan, A., & Blondel, M. (2023). The hide-and-seek game of the oncogenic Epstein-Barr virus-encoded EBNA1 protein with the immune system: An RNA G-quadruplex tale. *Biochimie*, 214(Pt A), 57-68. https://doi.org/10.1016/j.biochi.2023.07.010

Edwards, A. M., Baric, R. S., Saphire, E. O., & Ulmer, J. B. (2022). Stopping pandemics before they start: Lessons learned from SARS-CoV-2. *Science*, 375(6585), 1133-1139. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABN1900

Frasson, I., Nadai, M., & Richter, S. N. (2019). Conserved G-Quadruplexes Regulate the Immediate Early Promoters of Human Alphaherpesviruses. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(13). https://doi.org/10.3390/MOLECULES24132375

Fay, M. M., Lyons, S. M., & Ivanov, P. (2017). RNA G-Quadruplexes in Biology: Principles and Molecular Mechanisms. *Journal of molecular biology*, 429(14), 2127–2147. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2017.05.017

Gellert, M., Lipsett, M. N., & Davies, D. R. (1962). Helix formation by guanylic acid. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 48(12), 2013-2018.https://doi.org/10.1073/pnas.48.12.2013

Gemmill, D. L., Nelson, C. R., Badmalia, M. D., Pereira, H. S., Kerr, L., Wolfinger, M. T., & Patel, T. R. (2024). The 3′ terminal region of Zika virus RNA contains a conserved G-quadruplex and is unfolded by human DDX17. *Biochemistry and Cell Biology,* 102(1), 96-105. https://doi.org/10.1139/BCB-2023-0036

Hargrave, A., Mustafa, A. S., Hanif, A., Tunio, J. H., & Hanif, S. N. M. (2021). Current Status of HIV-1 Vaccines. *Vaccines*, 9(9). https://doi.org/10.3390/VACCINES9091026

Henderson, E., Hardin, C. C., Walk, S. K., Tinoco, I., & Blackburn, E. H. (1987). Telomeric DNA oligonucleotides form novel intramolecular structures containing guanine·guanine base pairs. *Cell*, 51(6), 899-908. https://doi.org/10.1016/0092-8674(87)90577-0

Ji, D., Juhas, M., Tsang, C. M., Kwok, C. K., Li, Y., & Zhang, Y. (2021). Discovery of G-quadruplex-forming sequences in SARS-CoV-2. *Briefings in Bioinformatics*, 22(2), 1150-1160. https://doi.org/10.1093/BIB/BBAA114

Koonin, E. V., Dolja, V. V., & Krupovic, M. (2022). The logic of virus evolution. *Cell Host and Microbe*, 30(7), 917-929. https://doi.org/10.1016/j.chom.2022.06.008

Kusov, Y., Tan, J., Alvarez, E., Enjuanes, L., & Hilgenfeld, R. (2015). A G-quadruplex-binding macrodomain within the "SARS-unique domain" is essential for the activity of the SARS-coronavirus replication-transcription complex. *Virology*, 484, 313-322. https://doi.org/10.1016/J.VIROL.2015.06.016

Lavezzo, E., Berselli, M., Frasson, I., Perrone, R., Palù, G., Brazzale, A. R., Richter, S. N., & Toppo, S.

(2018). G-quadruplex forming sequences in the genome of all known human viruses: A comprehensive guide. *PLoS Computational Biology*, 14(12), e1006675. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006675

Lyu, K., Chow, E. Y. C., Mou, X., Chan, T. F., & Kwok, C.K. (2021). RNA G-quadruplexes (rG4s): genomics and biological functions. *Nucleic Acids Research*, 49(10), 5426-5450. https://doi.org/10.1093/NAR/GKAB187

Majee, P., Kumar-Mishra, S., Pandya, N., Shankar, U., Pasadi, S., Muniyappa, K., Nayak, D., & Kumar, A. (2020). Identification and characterization of two conserved G-quadruplex forming motifs in the Nipah virus genome and their interaction with G-quadruplex specific ligands. *Scientific Reports* 10(1), 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-020-58406-8

Marušič, M., Hošnjak, L., Krafčikova, P., Poljak, M., Viglasky, V., & Plavec, J. (2017). The effect of single nucleotide polymorphisms in G-rich regions of high-risk human papillomaviruses on structural diversity of DNA. *Biochimica et Biophysica Acta. General Subjects*, 1861(5 Pt B), 1229-1236. https://doi.org/10.1016/J.BBAGEN.2016.11.007

Marušič, M. & Plavec, J. (2019). Towards understanding of polymorphism of the g-rich region of human papillomavirus type 52. *Molecules*, 24(7). https://doi.org/10.3390/MOLECULES24071294

Meier-Stephenson, V., Badmalia, M. D., Mrozowich, T., Lau, K. C. K., Schultz, S. K., Gemmill, D. L., Osiowy, C., van Marle, G., Coffin, C. S., & Patel, T. R. (2021). Identification and characterization of a G-quadruplex structure in the pre-core promoter region of hepatitis B virus covalently closed circular DNA. *The Journal of Biological Chemistry, 296*. https://doi.org/10.1016/J.JBC.2021.100589

Pont, I. & González-García, J. (2022). Beyond the double helix: Structure of DNA G-quadruplexes. *Metode Science Studies Journal*, (12), 6-13. https://doi.org/10.7203/metode.12.16505

Piekna-Przybylska, D., Sullivan, M. A., Sharma, G., & Bambara, R. A. (2014). U3 region in the HIV-1 genome adopts a G-quadruplex structure in its RNA and DNA sequence. *Biochemistry*, 53(16), 2581-2593. https://doi.org/10.1021/BI4016692

Puig-Lombardi, E. & Londoño-Vallejo, A. (2020). A guide to computational methods for G-quadruplex prediction. *Nucleic Acids Research*, 48(1), 1-15. https://doi.org/10.1093/NAR/GKZ1097

Ravichandran, S., Kim, Y. E., Bansal, V., Ghosh, A., Hur, J., Subramani, V. K., Pradhan, S., Lee, M. K., Kim, K. K., & Ahn, J. H. (2018). Genome-wide analysis of regulatory G-quadruplexes affecting gene expression in human cytomegalovirus. *PLoS Pathogens*, 14(9). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PPAT.1007334

Ruggiero, E. & Richter, S. N. (2020). Viral G-quadruplexes: New frontiers in virus pathogenesis and antiviral therapy. *Annual Reports in Medicinal Chemistry*, 54, 101-131. https://doi.org/10.1016/BS.ARMC.2020.04.001

Ruggiero, E., Zanin, I., Terreri, M., & Richter, S. N. (2021). G-quadruplex targeting in the fight against viruses: An update. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(20). https://doi.org/10.3390/IJMS222010984

Satkunanathan, S., Thorpe, R., & Zhao, Y. (2017). The function of DNA binding protein nucleophosmin in AAV replication. *Virology*, 510, 46-54. https://doi.org/10.1016/J.VIROL.2017.07.007

Sato, K. & Knipscheer, P. (2023). G-quadruplex resolution: From molecular mechanisms to physiological relevance. *DNA Repair*, 130. https://doi.org/10.1016/j.dnarep.2023.103552

Summers, P. A., Lewis, B. W., Gonzalez-Garcia, J., Porreca, R. M., Lim, A. H. M., Cadinu, P., Martin-Pintado, N., Mann, D. J., Edel, J. B., Vannier, J. B., Kuimova, M. K., & Vilar, R. (2021). Visualising G-quadruplex DNA dynamics in live cells by fluorescence lifetime imaging microscopy. *Nature Communications*, 12(1), 1-11. https://doi.org/10.1038/s41467-020-20414-7

Teng, F. Y., Jiang, Z. Z., Guo, M., Tan, X. Z., Chen, F., Xi, X. G., & Xu, Y. (2021). G-quadruplex DNA: a novel target for drug design. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 78(19-20), 6557-6583. https://doi.org/10.1007/S00018-021-03921-8,

Tlučková, K., Marušič, M., Tóthová, P., Bauer, L., Šket, P., Plavec, J., & Viglasky, V. (2013). Human papillomavirus G-quadruplexes. *Biochemistry*, 52(41), 7207-7216. https://doi.org/10.1021/BI400897G

Tuesuwan, B., Kern, J. T., Thomas, P. W., Rodriguez, M., Li, J., David, W. M., & Kerwin, S. M. (2008). Simian virus 40 large T-antigen G-quadruplex DNA helicase inhibition by G-quadruplex DNA-interactive agents. *Biochemistry*, 47(7), 1896-1909. https://doi.org/10.1021/BI701747D

Wang, S. R., Min, Y. Q., Wang, J. Q., Liu, C. X., Fu, B. S., Wu, F., Wu, L. Y., Qiao, Z. X., Song, Y. Y., Xu, G. H., Wu, Z. G., Huang, G., Peng, N. F., Huang, R., Mao, W. X., Peng, S., Chen, Y. Q., Zhu, Y., Tian, T., ..., & Zhou, X. (2016a). A highly conserved G-rich consensus sequence in hepatitis C virus core gene represents a new anti–hepatitis C target. *Science Advances*, 2(4), e1501535. https://doi.org/10.1126/SCIADV.1501535

Wang, S. R., Zhang, Q. Y., Wang, J. Q., Ge, X. Y., Song, Y. Y., Wang, Y. F., Li, X. D., Fu, B. S., Xu, G. H., Shu, B., Gong, P., Zhang, B., Tian, T., & Zhou, X. (2016b). Chemical Targeting of a G-Quadruplex RNA in the Ebola Virus L Gene. *Cell Chemical Biology*, 23(9), 1113-1122. https://doi.org/10.1016/J.CHEMBIOL.2016.07.019

Yan, M. P., Wee, C. E., Yen, K. P., Stevens, A., & Wai, L. K. (2023). G-quadruplex ligands as therapeutic agents against cancer, neurological disorders and viral infections. *Future Medicinal Chemistry*, 15(21), 1987-2009. https://doi.org/10.4155/fmc-2023-0202

Zareie, A. R., Dabral, P., & Verma, S. C. (2024). G-Quadruplexes in the Regulation of Viral Gene Expressions and Their Impacts on Controlling Infection. *Pathogens*, 13(1). https://doi.org/10.3390/PATHOGENS13010060

Imágenes de Canva educativo

Pinzamiento tardío del cordón umbilical y desenlaces clínicos en recién nacidos pretérmino: ensayo piloto aleatorizado

Delayed umbilical cord clamping and clinical outcomes in preterm newborns: a randomized pilot trial

Oscar Manuel Berlanga-Bolado[1], Patricia Rivera-Vázquez[2], Mariana Rodríguez-Reyna[3], Luis Fernando Cardenas-Martínez[1,3]*

RESUMEN

El pinzamiento tardío del cordón umbilical ha cobrado relevancia en la atención neonatal debido a sus posibles beneficios sobre los parámetros hematológicos y clínicos, que sugieren reducir la mortalidad y disminuir la necesidad de transfusiones, ventilación mecánica y días de hospitalización. Sin embargo, la magnitud de estos efectos en recién nacidos pretérmino continúa en evaluación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del pinzamiento tardío y temprano del cordón umbilical sobre los principales desenlaces clínicos en el recién nacido prematuro. Se realizó un ensayo clínico aleatorizado multicéntrico en el periodo comprendido de febrero a septiembre de 2020. Se evaluaron 117 casos, en los que se comparó el pinzamiento temprano del cordón umbilical (30 s; n = 61) con el pinzamiento tardío en recién nacidos pretérmino (60 s; n = 56). Se analizaron los desenlaces clínicos neonatales, incluyendo mortalidad, necesidad de reanimación cardiopulmonar y ventilación mecánica, mediante pruebas univariadas y regresión de Poisson multivariada con varianza robusta para ajustar factores de confusión. En el análisis univariado (RR crudo), la reanimación cardiopulmonar (P = 0.01) y la necesidad de ventilación mecánica (P = 0.03) mostraron una reducción estadísticamente significativa en el grupo de pinzado tardío. En la regresión de Poisson multivariado con el ajuste por variables de confusión, el pinzamiento temprano demostró asociaciones estadísticamente significativas con una mayor frecuencia de ventilación mecánica (RRa = 1.22; P = 0.02), reanimación cardiopulmonar (RRa = 1.30; P = 0.001) y hemorragia subependimaria intraventricular (HSIV) (RRa = 1.35; P = 0.02). El pinzamiento tardío a los 60 s ofreció beneficios clínicos significativos en recién nacidos pretérmino al reducir la necesidad de reanimación, ventilación mecánica y HSIV. No obstante, los hallazgos deben interpretarse con cautela, debido al tamaño muestral reducido, desequilibrios basales en la edad gestacional y la falta de cegamiento.

PALABRAS CLAVE: pinzamiento tardío del cordón umbilical, mortalidad neonatal, ventilación mecánica, reanimación cardiopulmonar, recién nacido prematuro.

ABSTRACT

Delayed umbilical cord clamping has gained prominence in neonatal care due to its potential benefits in hematological and clinical parameters; it suggests reducing mortality and decreasing need for transfusions, mechanical ventilation, and hospitalization. However, the magnitude of these effects in preterm infants is still being evaluated. The aim of this study was to evaluate the effect of delayed and early clamping of the umbilical cord on the main clinical outcomes in preterm infant. A multicenter randomized clinical trial was conducted between February and September 2020. A total of 117 cases were evaluated, comparing early umbilical cord clamping (30 s; n = 61) with delayed clamping (60 s; n = 56) in preterm infants. Neonatal clinical outcomes, including mortality, need for cardiopulmonary resuscitation and mechanical ventilation, were analyzed. employing univariate testing and multivariate Poisson regression with robust variance to adjust for confounder factors. In the univariate analysis (crude RR) the cardiopulmonary resuscitation (P = 0.01) and the need for mechanical ventilation (P = 0.03) showed a statistically significant reduction in the delayed clamping group. However, in the multivariate Poisson regression with adjustment for confounding variables, early clamping demonstrated statistically significant associations with a higher frequency of mechanical ventilation (RRa = 1.22; P = 0.02), cardiopulmonary resuscitation (RRa = 1.30; P = 0.001), and subependymal intraventricular hemorrhage (SIH) (RRa = 1.35; P = 0.02). Delayed clamping at 60 s offered significant clinical benefits in preterm infants by reducing the need for resuscitation, mechanical ventilation, and SIH. However, findings must be interpreted with caution due to the reduced sample size, baseline imbalances in gestational age and lack of blinding.

KEYWORDS: delayed umbilical cord clamping, neonatal mortality, mechanical ventilation, cardiopulmonary resuscitation, preterm infant.

***Correspondencia:** luisfernandocardenasmtz@outlook.com**/Fecha de recepción:** 27 de noviembre de 2025**/Fecha de aceptación:** 23 de septiembre de 2026**/Fecha de publicación:** 9 de octubre de 2026.

[1]Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria IMSS BIENESTAR, Departamento de Pediatría, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C. P. 87087. [2]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Enfermería, Departamento de Investigación, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87089. *[3]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Matamoros, Sendero Nacional km 3, Matamoros, Tamaulipas, México, C. P. 87300.

 ISSN 2007-7858. 20(2): 82-94 (Ene-Jun 2026) CC BY NC SA https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2076

INTRODUCCIÓN

El cordón umbilical cumple la función de abastecer oxígeno de reserva para el neonato después del nacimiento. Esto es de particular importancia para los neonatos pretérmino y los que han cursado con asfixia o sufrimiento fetal agudo, por lo que el tiempo que transcurre antes del pinzamiento adquiere gran importancia (Rangel-Calvillo, 2014). La Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere retrasar el pinzamiento al menos 60 s después del nacimiento o hasta el cese de las pulsaciones del cordón umbilical (World Health Organization, 2012). En México, la Norma NOM-007-SSA2-2016 (Secretaría de Salud, 2016) establece que se debe efectuar de 30 s a 60 s tras el nacimiento, incluso en bebés prematuros.

El esperar al menos 60 s antes de realizar esta intervención se asocia con modificaciones favorables en los niveles de hematocrito y de las reservas de hierro en el neonato, una menor necesidad de transfusiones de hemoderivados, mejor estabilidad hemodinámica, disminución del riesgo de sepsis, menor requerimiento de ventilación mecánica, reducción de la estancia hospitalaria y una disminución de la mortalidad neonatal (Committee on Obstetric Practice, 2017; López y col., 2024; OMS, 2014; Philip y Saigal, 2004; World Health Organization, 2012). Sin embargo, pese a todos estos resultados, en la práctica clínica persisten controversias respecto al tiempo en que se debe realizar, por lo que su implementación continúa siendo heterogénea (Armanian y col., 2017; McAdams y Juul, 2016). Esta variabilidad obedece a diferencias entre protocolos institucionales, características maternas y neonatales, así como a la persistencia de preocupaciones relacionadas con posibles efectos adversos (Katheria y col., 2025). Diversos estudios han evaluado la asociación del pinzamiento tardío con complicaciones como policitemia e hiperbilirrubinemia, encontrando que, aunque puede observarse un ligero incremento en la incidencia de estas condiciones, generalmente no se traduce en un aumento de eventos clínicamente significativos ni en una mayor morbimortalidad neonatal (Armanian y col., 2017; Carvajal-Encina y col., 2024; Seidler y col., 2023).

En México, existen estudios que establecen que su adopción no es uniforme entre las distintas instituciones de salud, e incluso, existe variabilidad dentro de una misma institución respecto al momento en que se realiza el pinzamiento, influida por protocolos locales, disponibilidad de recursos y criterios clínicos del personal de salud (Weiner y col., 2016; Jegatheesan y col., 2024). Al respecto, Rangel-Calvillo (2014) reportó que el tiempo de pinzamiento varió desde los 3 s hasta los 35 s, en una unidad médica que, en opinión del autor, se presentaba una alta incidencia de recién nacidos que cursaban con eventos de síndrome de dificultad respiratoria, asfixia y otras patologías. En un estudio más reciente, Marín-Montoya y col. (2024) encontraron que el 13.4 % de los neonatos recibieron un pinzamiento del cordón antes de los 29 s (por debajo de lo que recomienda la NOM-007-SSA2-2016 (Secretaría de Salud, 2016), 24.7 % entre los 30 s y los 59 s (acorde con la norma) y 60.4 % entre los 60 s y los 89 s. Solo 1.41 % lo recibió en un tiempo superior a los 90 s. Los pacientes que recibieron un pinzamiento de 60 s o superior presentaron menos complicaciones médicas.

En este contexto, resulta necesario generar evidencia nacional que permita evaluar los efectos del pinzamiento tardío (60 s) en la población mexicana y contribuir a fortalecer la estandarización de esta práctica mediante información obtenida en condiciones reales de atención clínica (Secretaría de Salud, 2016).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del pinzamiento tardío del cordón umbilical en comparación con el pinzamiento temprano, sobre los principales desenlaces clínicos neonatales en el recién nacido pretérmino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y población de estudio

Se realizó un ensayo clínico piloto multicéntrico con aleatorización por bloques de tamaño fijo, sin ocultamiento de la asignación, en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria IMSS BIENESTAR y en el Hospital

General "Dr. Norberto Treviño Zapata", ambos ubicados en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, durante el periodo comprendido entre febrero y septiembre de 2020. La muestra se determinó por factibilidad y disponibilidad de pacientes durante el periodo de reclutamiento en ambas instituciones participantes.

Inicialmente se evaluaron 128 recién nacidos pretérmino, candidatos a participar en el estudio. Once pacientes fueron excluidos, previo a la aleatorización, debido a información clínica incompleta, por lo que la muestra final analizada estuvo conformada por 117 recién nacidos. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del reclutamiento, aleatorización y seguimiento de los participantes (Althouse y col., 2021).

Criterios de inclusión

Se incluyeron recién nacidos con edad gestacional menor de 37 semanas, determinada mediante fecha de última menstruación confiable, y corroborada usando los métodos de Capurro o Ballard. Asimismo, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de la madre, padre o tutor legal previo a la inclusión en el estudio. Se excluyeron recién nacidos con edad gestacional igual o mayor de 37 semanas, presencia de malformaciones congénitas diagnosticadas durante el periodo prenatal o al nacimiento, producto de embarazos múltiples, antecedente de consumo materno de drogas durante la gestación, eclampsia grave, coagulopatías maternas, hemocromatosis, cirrosis hepática, enfermedad de Wilson o antecedentes de transfusiones sanguíneas realizadas a la madre.

Procedimiento y recolección de datos

Previo al nacimiento, el médico pediatra o neonatólogo informó a la gestante sobre los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del estudio. Posteriormente se proporcionó una hoja informativa aprobada por el Comité de Ética, y una vez resueltas las dudas correspondientes, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de la madre, padre o tutor legal. Para la recolección de la información se diseñó un formato estandarizado que incluyó las variables demográficas y clínicas de interés: sexo, edad gestacional, peso al nacimiento, vía de nacimiento, puntuación de Apgar al primer minuto y quinto minuto, necesidad de reanimación cardiopulmonar, ventilación mecánica, sepsis neonatal, enterocolitis necrosante, hemorragia subependimaria intraventricular (HSIV), mortalidad neonatal y días de estancia hospitalaria.

Evaluación de los desenlaces clínicos

Hemorragia intraventricular

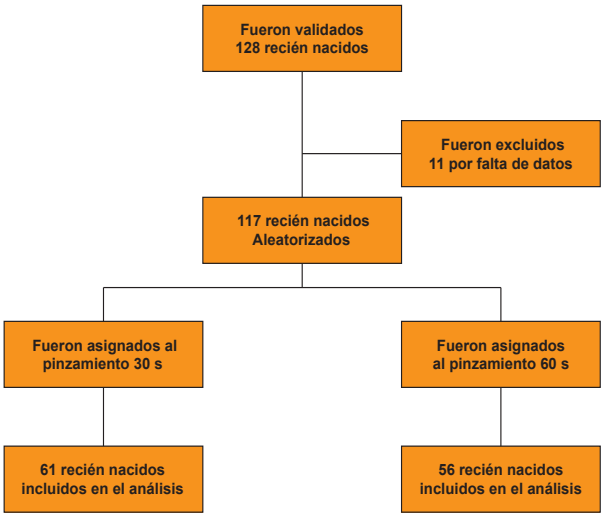


Figura 1. Aleatorización y seguimiento de la población en estudio.
Figure 1. Randomization and follow-up of the study population.

 CienciaUAT. 20(2): 82-94 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2076

La hemorragia intraventricular se evaluó mediante ultrasonografía transfontanelar, realizada a las 72 horas de vida. Se consideró la presencia de hemorragia de la matriz germinal, hemorragia subependimaria y hemorragia con extensión al sistema ventricular. Para uniformar la terminología, se empleó el término hemorragia intraventricular subependimaria (HSIV) como denominación general del desenlace. La clasificación de la gravedad se estableció de acuerdo con los grados de Papile (I-IV), según los hallazgos ultrasonográficos registrados (Guillot y col., 2020).

Sepsis neonatal

La sepsis neonatal se definió mediante criterios clínicos y de laboratorio compatibles con infección sistémica durante el periodo neonatal. Su identificación se realizó a partir de los signos y síntomas registrados en el expediente clínico, complementados con los resultados de laboratorio disponibles y la valoración médica. Se consideró sepsis clínica cuando existieron hallazgos clínicos y de laboratorio compatibles, independientemente de la confirmación microbiológica (Hayes y col., 2023).

Enterocolitis necrosante

La enterocolitis necrosante (ECN) se identificó mediante los criterios diagnósticos registrados en el expediente clínico y se clasificó de acuerdo con los estadios de Bell modificados (I, II y III), considerando los hallazgos clínicos, radiológicos y, cuando correspondió, quirúrgicos documentados durante la hospitalización (Hu y col., 2024).

Mortalidad neonatal

La mortalidad se definió como el fallecimiento del recién nacido durante la hospitalización. Se registró la presencia o ausencia de este desenlace desde el nacimiento hasta el egreso hospitalario, independientemente de la causa del fallecimiento (Jiang y col., 2020).

Asignación de los grupos de estudio

El tiempo para realizar el pinzamiento fue controlado por el pediatra o neonatólogo, en conjunto con la licenciada en enfermería circulante de quirófano, quien llevaba el control del tiempo y proporcionaba la indicación correspondiente para realizar el pinzamiento. En cada quirófano de los hospitales participantes se contó con un reloj de pared, utilizado como referencia para el control del tiempo.

La asignación de los participantes a los grupos de estudio se llevó a cabo mediante aleatorización simple por sorteo con tómbola, preparada previamente con papeletas idénticas en tamaño, color y textura, dobladas de manera uniforme e introducidas en un recipiente opaco, en igual proporción para cada grupo de intervención. Antes de cada asignación, las 20 papeletas (10 correspondientes a "pinzamiento temprano": 30 s; y 10 a "pinzamiento tardío": 60 s) se mezclaban cuidadosamente dentro de la urna, por la licenciada en enfermería circulante, para impedir anticipar el grupo correspondiente. Al terminar de asignarse las 20 papeletas, se elaboraban otras 20, y así sucesivamente durante el periodo de estudio, hasta completar 128 participantes (la última urna tenía 28 papeletas, 14 = 30 s vs 14 = 60 s), sin embargo se excluyeron 11 por no contar con la información clínica completa. Cada participante tenía la misma probabilidad de ser asignado a cualquiera de los dos grupos. La asignación fue realizada por el investigador principal inmediatamente antes del nacimiento, extrayendo una única papeleta al azar.

En caso de que el tiempo de pinzamiento establecido no se cumpliera, el recién nacido no sería enrolado en el estudio. Sin embargo, durante el periodo de estudio no se presentó ningún caso en el que no se cumpliera el tiempo de pinzamiento asignado.

Los participantes fueron distribuidos en dos grupos de intervención:

- Grupo de pinzamiento temprano: pinzamiento del cordón umbilical realizado a los 30 s posteriores al nacimiento.
- Grupo de pinzamiento tardío: pinzamiento del cordón umbilical realizado exactamente a los 60 s posteriores al nacimiento.

Durante el procedimiento, el recién nacido se mantuvo por debajo del introito vaginal durante los partos vaginales y sobre las piernas maternas durante los nacimientos por cesárea, con el propósito de favorecer la transfusión placentaria.

El estudio se realizó sin cegamiento. La atención neonatal fue proporcionada por el pediatra o neonatólogo adscrito de guardia en cada institución participante. Las decisiones relacionadas con el inicio de la reanimación neonatal y el soporte respiratorio se realizaron de acuerdo con las recomendaciones vigentes del Programa de Reanimación Neonatal (RENEO), 9.ª edición, siguiendo un algoritmo estandarizado para la evaluación y atención del recién nacido. Para efectos del presente estudio, se consideró que un recién nacido requirió reanimación cardiopulmonar cuando, tras las maniobras iniciales y la ventilación con presión positiva intermitente (PPI), fue necesario iniciar compresiones torácicas y/o administrar oxígeno a flujo libre, PPI con bolsa y mascarilla, PPI con tubo endotraqueal (TE) y medicamentos conforme al algoritmo del RENEO. Asimismo, se definió como requerimiento de ventilación mecánica el inicio de soporte ventilatorio invasivo mediante intubación endotraqueal y conexión a ventilación mecánica, de acuerdo con el juicio clínico del pediatra o neonatólogo tratante y los criterios institucionales que estaban vigentes y así permanecen (Weiner y col., 2016). El registro de los datos clínicos y la evaluación de los desenlaces fueron realizados por el investigador principal.

Los datos se analizaron usando el programa estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences), versión 21.0 (IBM Corp.). Las variables categóricas se describieron mediante frecuencias absolutas y porcentajes. Las variables cuantitativas se describieron mediante medias y desviaciones estándar, o medianas y rangos intercuartílicos (RIC), según su distribución. La normalidad de los datos proveniente de variables numéricas se evaluó con la prueba de Kolmogórov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $P \leq 0.05$.

Para la comparación de las variables cuantitativas entre los grupos de estudio se utilizó la prueba U de Mann-Whitney (Daniel y col., 2005).

Las variables categóricas se compararon mediante la prueba de chi cuadrado (X^2) y se utilizó la prueba exacta de Fisher en su lugar cuando alguna casilla de la tabla de contingencia presentó una frecuencia esperada menor a 5. La asociación entre el tipo de pinzamiento del cordón umbilical y los desenlaces clínicos neonatales se calcularon mediante riesgos relativos (RR) con sus respectivos intervalos de confianza al 95 % (IC 95 %).

Adicionalmente, se realizó un análisis de regresión de Poisson multivariable (Zou, 2004), con varianza robusta, para estimar la razón de riesgos ajustada (RRa) e IC 95 % para los desenlaces clínicos de interés. Se incluyeron como covariables la reanimación cardiopulmonar, la ventilación mecánica, la HSIV, la sepsis neonatal y la enterocolitis necrosante, seleccionadas por su relevancia clínica y/o por su asociación en el análisis bivariado. Antes de estimar el modelo se evaluó la colinealidad entre las covariables incluidas; adicionalmente, se examinó la presencia de interacciones relevantes mediante la incorporación de los términos de interacción correspondientes al modelo.

Consideraciones éticas

El presente protocolo de investigación fue sometido y aprobado por el Comité de Ética e Investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria IMSS BIENESTAR (registro 001). La realización del estudio en el Hospital General "Dr. Norberto Treviño Zapata" contó con la autorización de las autoridades institucionales correspondientes.

El estudio se llevó a cabo de conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y con lo dispuesto en el

Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. De acuerdo con el Título Segundo, Capítulo I, Artículo 17, Fracción II, la investigación se clasificó como de riesgo mínimo, debido a que el procedimiento evaluado forma parte de la práctica clínica habitual y no implicó intervenciones adicionales que incrementaran significativamente el riesgo para los participantes (Secretaría de Salud, 1987).

RESULTADOS

Los 117 recién nacidos pretérmino participantes asignados aleatoriamente a los dos grupos quedaron distribuidos de la siguiente forma: pinzamiento temprano del cordón umbilical (30 s: 52.1 %) y pinzamiento tardío (60 s: 47.9 %) (Figura 1 y Tabla 1).

La edad gestacional promedio fue de 33.58 semanas ± 2.58 semanas y el peso al nacimiento de 1 786.15 g ± 550.73 g, mientras que la talla promedio fue de 34.98 cm ± 4.76 cm. El 51.3 % de los recién nacidos correspondió al sexo femenino y el 48.7 % al masculino. La vía de nacimiento de la mayoría fue por cesárea (85.5 %).

En el análisis de las características clínicas iniciales y del evento obstétrico (Tabla 2), se observó una mayor proporción de recién nacidos de sexo masculino en el grupo de pinzamiento temprano (62.2 %), mientras que el sexo femenino predominó en el grupo de pinzamiento tardío (66.0 %). En ambas poblaciones, la mayoría de los nacimientos ocurrieron por vía cesárea (93.4 % en pinzamiento temprano vs 76.8 % en pinzamiento tardío). Respecto a la puntuación de Apgar, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para un Apgar < 4 al min 1, ni para un Apgar < 7 a los 5 min. En relación con las maniobras al nacer, la necesidad de reanimación cardiopulmonar fue significativamente menor en el grupo de pinzamiento tardío en comparación con el grupo de pinzamiento temprano (19.6 % vs 42.6 %; RR = 0.43; IC 95 %: 0.14 a 0.76; P = 0.01). Al evaluar las intervenciones de reanimación específicas, el requerimiento de PPI combinada con TE se presentó en el 19.7 % del grupo de pinzamiento temprano frente al 5.4 % de los recién nacidos con pinzamiento tardío. Finalmente, la mortalidad neonatal (11.5 % en pinzamiento temprano vs 10.7 % en el grupo de pinzamiento tardío) no demostró una asociación estadísticamente significativa entre el tipo de pinzamiento y el riesgo de defunción (RR = 0.93; IC 95 %: 0.29 a 2.94; P = 0.89).

En la evaluación de las características basales de la población estudiada (Tabla 3), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de pinzamiento temprano y el grupo de pinzamiento tardío, respecto a la distribución de las subcategorías peso al nacer. Sin embargo, en la edad gestacional se identificó una mayor proporción de recién nacidos de 33 a 36 semanas en el grupo de pinzamiento tardío (85.71 % vs 67.21 %; 1.03 a 1.56; P = 0.02). Las demás subcategorías de edad gestacional mostraron una distribución homogénea entre ambos grupos de estudio.

Tabla 1. Características basales de los recién nacidos pretérmino incluidos en el estudio.
Table 1. Baseline characteristics of the preterm infants included in the study.

Variables	Parámetros N (%)/Media ± DE
Sexo: Femenino/Masculino	60 (51.3 %) /57 (48.7 %)
Edad Gestacional (semanas)	33.58 ± 2.58
Vía de Nacimiento Parto/Cesárea	17 (14.5 %) /100 (85.5 %)
Peso en gramos (g)	1 786.15 ± 550.73
Talla en centímetros (cm)	34.98 ± 4.76
Pinzamiento del cordón umbilical 30 s/60 s	61 (52.1 %) /56 (47.9 %)

Tabla 2. Comparación de las características basales y desenlaces clínicos inmediatos entre los grupos de pinzamiento temprano y tardío del cordón umbilical.
Table 2. Comparison of baseline characteristics and immediate clinical outcomes between the early and late umbilical cord clamping groups.

Variables	Pinzamiento temprano cordón umbilical (30 s) n = 61 (52.1 %)		Pinzamiento tardío cordón umbilical (60 s) n = 56 (47.9 %)		Riesgo Relativo (RR)	IC 95 %	P
	Nº	%	Nº	%			
Sexo							0.002
Hombre	38	62.2	19	33.9	0.54	0.36 a 0.82	
Mujer	23	37.7	37	66.0	1.75	1.21 a 2.54	
Vía nacimiento					3.5	(0.38 a 2.99)	0.01
Parto	4	6.6	13	23.2			
Cesárea	57	93.4	43	76.8			
Puntuación Apgar							
1er. min (< 4 puntos)	4	6.6	1	1.8	0.27	(0.03 a 2.39)	0.23
5to. min (< 7 puntos)	5	8.2	2	3.6	0.44	(0.08 a 2.23)	0.30
Reanimación Cardiopulmonar	26	42.6	11	19.6	0.43	(0.14 a 0.76)	0.01
PPI + TE	12	19.7	3	5.4			
O_2 flujo libre	7	11.5	4	7.1			
PPI con bolsa y máscara	5	8.2	3	5.4			
PPI + Masaje	2	3.3	1	1.8			
Mortalidad					0.93	(0.29 a 2.94)	0.89
Mejoría	54	88.5	50	89.3			
Defunción	7	11.5	6	10.7			

PPI: Presión Positiva Intermitente.
TE: Tubo Endotraqueal.

Al comparar los desenlaces clínicos neonatales entre las dos poblaciones de estudio (Tabla 4), se observó una reducción estadísticamente significativa en la necesidad de soporte ventilatorio en el grupo de pinzamiento tardío en comparación con el grupo de pinzamiento temprano (33.92 % vs 54.09 %; RR = 0.63; IC 95 %: 0.41 a 0.97; P = 0.03).

Respecto al resto de los desenlaces evaluados, las tasas de sepsis, HSIV y enterocolitis necrosante fueron menores en el grupo de pinzamiento tardío, aunque estas diferencias no alcanzaron significancia estadística. Asimismo, el análisis por subfases de soporte ventilatorio (casco cefálico, ventilación mecánica invasiva y Presión Positiva Continua en la Vía Aérea/*Continuous Positive Airway Pressure*, CPAP) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. En relación con la duración de la estancia hospitalaria, los pacientes con pinzamiento temprano presentaron mayor estancia hospitalaria que los pacientes con pinzamiento tardío (26.21 d, DE = 23.69 vs 19.46, DE = 23.24; P = 0.12).

En el análisis mediante regresión de Poisson (Tabla 5), se identificó una asociación estadís-

 CienciaUAT. 20(2): 82-94 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2076

Tabla 3. Características de los pacientes aleatorizados estudiados con valor de P. En los grupos de pinzamiento tardío contra temprano.
Table 3. Characteristics of the randomized patients studied with P-values in delayed versus early clamping groups.

Variables	Pinzamiento temprano cordón umbilical (30 s) n = 61 (52.1 %)		Pinzamiento tardío cordón umbilical (60 s) n = 56 (47.9 %)		Riesgo Relativo (RR)	IC 95 %	P
	Nº	%	Nº	%			
Edad gestacional (sdg)*							
< 29	6	9.83	2	3.57	0.36	(0.07 a 1.72)	0.20
29 a 32	14	22.95	6	10.71	0.46	(0.19 a 1.13)	0.09
33 a 36	**41**	**67.21**	**48**	**85.71**	**1.27**	**(1.03 a 1.56)**	**0.02**
Peso (gramos)							
< 1 000	8	13.11	1	1.78	0.14	(0.02 a 1.05)	0.056
1 001 a 1 500	13	21.31	13	23.21	1.09	(0.55 a 2.15)	0.80
1 501 a 2 000	19	31.14	20	35.71	1.15	(0.69 a 1.91)	0.60
2 001 a 2 500	16	26.22	16	28.57	1.09	(0.60 a 1.97)	0.77
2 501 a 3 000	4	6.55	5	8.92	1.36	(0.38 a 4.82)	0.63
3 001 a 4 000	1	1.63	1	1.78	1.00	(0.06 a 15.59)	1.00

Valor de P obtenido mediante la prueba de Chi-cuadrada de Pearson para la comparación global de proporciones entre grupos. Cuando alguna casilla de la tabla de contingencia presentó una frecuencia esperada menor a 5 se utilizó la prueba exacta de Fisher.*Semanas de gestación.

ticamente significativa en la reducción del riesgo para reanimación cardiopulmonar (RRa= 1.30; IC 95 %: 1.08 a 1.56; P = 0.001), ventilación mecánica (RRa = 1.22; IC 95 %: 1.02 a 1.46; P = 0.02) y HSIV para el grupo de pinzamiento tardío (RRa = 1.35; IC 95 %: 1.04 a 1.76; P = 0.02). Por el contrario, los desenlaces de sepsis, enterocolitis necrosante y defunción no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, al analizar las características basales y desenlaces clínicos inmediatos (Tabla 2), la presencia de diferencias significativas por efecto del tiempo transcurrido para realizar el pinzamiento, relacionadas con el sexo y con la vía de nacimiento, no fueron consistentes con estudios previos que han señalado que los beneficios potenciales del pinzamiento tardío son relativamente independientes de estas características perinatales (Arora y col., 2025; Jobe y col., 2001; Lodha y col., 2019; Raina y col., 2023). No se encontraron diferencias significativas entre la puntuación Apgar y la mortalidad después del ajuste por posibles factores de confusión. Este resultado coincide con algunos estudios individuales que no han demostrado un beneficio significativo del pinzamiento tardío sobre la supervivencia neonatal (Cavallin y col., 2019; Duley y col., 2018; Hemmati y col., 2022). En contraste (Fogarty y col., 2018), en un meta análisis de 18 ensayos clínicos aleatorizados, reportaron una reducción significativa de la mortalidad en ecién nacidos pretérmino sometidos a pinzamiento tardío del cordón umbilical. Dichas discrepancias probablemente reflejan diferencias en el tamaño muestral, la frecuencia de los eventos y las características de las poblaciones estudiadas. Sin embargo, la necesidad de reanimación cardiopulmonar presentó una mayor tasa de incidencia (P = 0.01) en el pinzamiento temprano. Este hallazgo es congruente con la evidencia que indica que el pinzamiento tardío favorece una transición cardiorrespiratoria más estable mediante una mayor transfusión placentaria, mejorando el volumen circulante y el establecimiento progresivo de la circulación pulmonar en el recién nacido pretérmino (Fogarty y col.,

Tabla 4. Desenlaces clínicos neonatales según el tipo de pinzamiento del cordón umbilical (tardío vs temprano).
Table 4. Neonatal clinical outcomes according to the type of umbilical cord clamping (delayed vs early).

Variables	Pinzamiento temprano cordón umbilical (30 s) n = 61 (52.1 %)		Pinzamiento tardío cordón umbilical (60 s) n = 56 (47.9 %)		Riesgo Relativo	IC 95 %	P
	Nº	%	Nº	%	RR		P
Sepsis	25	40.98	16	28.57	0.70	(0.42 a 1.16)	0.16
Hemorragia subependimaria intraventricular	8	13.11	2	3.57	0.27	(0.06 a 1.23)	0.09
Enterocolitis necrosante	11	18.03	8	14.28	0.79	(0.34 a 1.83)	0.58
Soporte ventilatorio	33	54.09	19	33.92	0.63	(0.41 a 0.97)	0.03
Fase 1 (casco cefálico)	6	9.8	7	12.5	1.27	(0.45 a 3.55)	0.13
Fase 2 (CPAP)	7	11.5	6	10.7	0.93	(0.33 a 0.261)	0.40
Fase 3 (ventilación mecánica invasiva)	20	54.1	6	10.7	0.33	(0.14 a 0.76)	0.004
Estancia hospitalaria (d)*	**M**	**DE**	**M**	**DE**			**P**
	26.21	23.69	19.46	23.24			0.12

CPAP: Presión Positiva Continua en Vías Aéreas/Continuous Positive Airway Pressure. *Nota: Para la estancia hospitalaria, los datos representan media desviación estándar (DE) y el valor P corresponde a U de Mann-Whitney.

Tabla 5. Análisis multivariado de regresión de Poisson* para el riesgo de desenlaces clínicos asociados al pinzamiento temprano del cordón umbilical (tomando como referencia el pinzamiento tardío).
Table 5. Multivariate Poisson* regression analysis for the risk of clinical outcomes associated with early umbilical cord clamping (using delayed clamping as the reference group).

Variable	ExP (B) (RRa)	IC 95 %*	P
RCP	1.30	1.08 a 1.56	0.001
VM	1.22	1.02 a 1.46	0.02
HSIV	1.35	1.04 a 1.76	0.02
Sepsis	1.14	0.95 a 1.38	0.15
ECN	1.07	0.84 a 1.36	0.57
Defunción	0.98	0.73 a 1.30	0.89

*Intervalo de confianza del 95 %, RCP: reanimación cardiopulmonar, VM: ventilación mecánica, HSIV: hemorragia subependimaria intraventricular, ECN: enterocolitis necrosante. Nota: Se descartó multicolinealidad entre las covariables del modelo mediante la evaluación del Factor de Inflación de la Varianza (VIF). Nota: El modelo de regresión de Poisson fue ajustado por las covariables de edad gestacional y peso al nacer. El grupo de Pinzamiento Tardío (60 s) se estableció como la categoría de referencia (RRa = 1.00); por lo tanto, un RRa > 1.00 indica un exceso de riesgo para el grupo de pinzamiento temprano (30 s).

2018; Koo y col., 2023; Peterson y col., 2024; Rabe y col., 2019; Tarnow-Mordi y col., 2017). La mayor incidencia de partos por cesárea (Tabla 2) y el desequilibrio basal en la distribución de la edad gestacional, con una mayor proporción de recién nacidos de 33 semanas a 36 semanas en el grupo de pinzamiento tardío (Tabla 3), pudieron actuar como factores de con-

fusión. En especial porque la edad gestacional constituye uno de los principales determinantes pronósticos de la morbimortalidad neonatal.

El análisis de los desenlaces clínicos neonatales con base en su riesgo relativo (Tabla 4), no mostró diferencia significativa entre ambos grupos para la incidencia de sepsis neonatal, HSIV y enterocolitis necrosante. Aunque para la HSIV se observó una estimación del efecto compatible con un posible beneficio del pinzamiento tardío, los intervalos de confianza fueron amplios, reflejando una considerable imprecisión en la estimación, probablemente relacionada con el reducido número de eventos. Estos resultados deben interpretarse con cautela, ya que el estudio podría no haber tenido suficiente potencia estadística para detectar diferencias en desenlaces de baja frecuencia (Fogarty y col., 2018). Aunque la evaluación de policitemia e hiperbilirrubinemia no formaron parte de los objetivos principales del estudio, no se registraron eventos clínicos graves atribuibles a estas condiciones ni fue necesaria la realización de exanguinotransfusión.

En contraste, sí se observó un efecto significativo (P = 0.03) asociado con menor necesidad de soporte respiratorio en el pinzamiento tardío, específicamente para casos en que fue necesaria la ventilación mecánica invasiva (P = 0.004). Estos resultados concuerdan con los estudios que respaldan que el mantenimiento transitorio de la circulación placentaria favorece una transición hemodinámica más estable y puede disminuir la necesidad de soporte respiratorio en poblaciones de recién nacidos pretérmino (Li y col., 2021; Liu y col., 2017; Polglase y col., 2015; Seidler y col., 2023). Así como en aquellos estudios que indican que, las complicaciones son menos frecuentes y, cuando ocurren, generalmente presentan un curso clínico favorable relacionadas cuando se recurre el aumento del volumen sanguíneo neonatal (Fogarty y col., 2018; Shao y col., 2021; Tewari y col., 2022).

El análisis multivariado realizado considerando la existencia de las variables confusoras (Tabla 5) arrojó significancia en las RRa, indicando mayor riesgo por efecto de un pinzamiento temprano para reanimación cardiopulmonar (RCP), ventilación mecánica (VM) y HSIV. Estos resultados, en especial para la HSIV sugieren la afectación de los resultados por el desequilibrio basal de las características clínicas y perinatales entre los grupos, particularmente la edad gestacional.

Es importante considerar que el estudio se desarrolló durante el año 2020, en el contexto de la pandemia por COVID-19, situación que pudo modificar la organización de los servicios de salud, los protocolos de atención obstétrica y neonatal, así como la disponibilidad de recursos humanos y materiales. Durante este periodo, se realizó tamizaje sistemático para infección por SARS-CoV-2 mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa (RT-PCR) a todas las pacientes embarazadas que ingresaron a las instituciones participantes para la resolución del embarazo; aunque ninguna de las pacientes incluidas presentó resultado positivo al momento de su ingreso. Sin embargo, la elevada proporción de nacimientos por cesárea probablemente refleja el carácter de las instituciones participantes como centros de referencia para embarazos de alto riesgo, lo que podría limitar la generalización de los resultados a poblaciones con menor complejidad obstétrica. Asimismo, las modificaciones en los procesos de atención implementadas durante la pandemia pudieron influir en algunas prácticas obstétricas y neonatales, por lo que los resultados deben interpretarse dentro del contexto asistencial en el que se desarrolló el estudio.

Entre las principales limitaciones del estudio destacan el tamaño muestral relativamente reducido y la baja frecuencia de algunos desenlaces, lo que pudo limitar la potencia estadística para detectar diferencias clínicamente relevantes y generar estimaciones imprecisas. Además, no se realizó una estimación a priori del tamaño de muestra, por lo que el estudio no fue diseñado con una potencia estadística específica para detectar diferencias en los de-

senlaces secundarios. Asimismo, la recolección de los datos y la evaluación de los desenlaces fueron realizados por el investigador principal, quien conocía la asignación de los participantes, lo que representa una posible fuente de sesgo de detección, particularmente para desenlaces que implican cierto grado de juicio clínico, como la necesidad de reanimación cardiopulmonar. Finalmente, el carácter abierto del estudio impidió el cegamiento del investigador y de los participantes. A pesar del ajuste por las principales variables clínicas y perinatales, los resultados deben interpretarse con cautela debido a la posibilidad de confusión residual y a la limitada precisión de las estimaciones.

CONCLUSIONES

En recién nacidos pretérmino, el pinzamiento tardío del cordón umbilical se asoció con menor frecuencia de hemorragia subependimaria intraventricular, reanimación cardiopulmonar y ventilación mecánica tras el ajuste por edad gestacional, peso al nacimiento, sexo y vía de nacimiento. No se observaron diferencias significativas en sepsis neonatal, enterocolitis necrosante, mortalidad, ni estancia hospitalaria. Estos hallazgos deben interpretarse con cautela debido al tamaño muestral, la baja frecuencia de algunos desenlaces y la posibilidad de confusión residual. Se requieren ensayos clínicos con mayor tamaño muestral para confirmar estas asociaciones y obtener estimaciones más precisas del efecto del pinzamiento tardío sobre los desenlaces neonatales.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Althouse, A. D., Yabes, J. G., & Abebe, K. Z. (2021). Issues in designing and interpreting small clinical trials. *Canadian Journal of Cardiology*, 37(9), 1332–1339. https://doi.org/10.1016/j.cjca.2021.03.013

Armanian, A. M., Ghasemi, T., Ansari, M., & Ghaemi S. (2017). Is "Delayed umbilical cord clamping" beneficial for premature newborns? *International Journal of Pediatrics*, 5(5), 4909-4918. https://doi.org/10.22038/ijp.2016.7909

Arora, A., Pollack, B., Babajanian, M., Friedman-Ciment, R., Glass, M., Kasoff, M., Bibi M., Magover M, Soto R., Hirani R., Nussbaum O, Steinhart A., Drugge E., Silber A., & Grimes C. (2025). Maternal and neonatal outcomes after delayed vs early cord clamping at cesarean delivery: A systematic review and metaanalysis. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*, 7(6). https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2025.101680

Carvajal-Encina, F. y Aparicio-Sánchez, J. L. (2024). El pinzamiento tardío del cordón umbilical en prematuros reduce su mortalidad antes del alta hospitalaria. *Evidencias en Pediatría*, 20, 22. https://evidenciasenpediatria.es/files/41-14585-RUTA/AVC_22_Pinzamiento_tardio.pdf

Cavallin, F., Galeazzo, B., Loretelli, V., Madella, S., Pizzolato, M., Visentin, S., & Trevisanuto, D. (2019). Delayed cord clamping versus early cord clamping in elective cesarean section: A randomized controlled trial. *Neonatology*, 1-8. https://doi.org/10.1159/00050 0325

Committee on Obstetric Practice (2017). Committee Opinion No. 684: Delayed umbilical cord clamping after birth. *Obstetrics & Gynecology,* 129(1), e5-e10. https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000001860

Daniel, W. W. (2005). Bioestadistica / Biostatistics (Cuarta Edición). Limusa.

Duley, L., Dorling, J., Pushpa-Rajah, A., Oddie, S., Yoxall, C., & Schoonakker, B. (2018). Randomised trial of cord clamping and initial stabilisation at very preterm birth. *Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition*, 103, F6-F14. https://doi.org/ 10.1136/archdischild-20 6-312567

Fogarty, M., Osborn, D., Askie, L., Seidler, A., Hunter, K., Lui, K., Simes, J., & Tarnow-Mordi, W. (2018). Delayed vs early umbilical cord clamping for preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. 218, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.10.231

Guillot, M., Chau, V., & Lemyre, B. (2020). Routine imaging of the preterm neonatal brain. *Paediatrics & Child Health*, 25(4), 249–255. https://doi.org/10.1093/pch/pxaa033

Hayes, R., Hartnett, J., Semova, G., Murray, C., Murphy, K., Carroll, L., Irwin, K. M., Bliss, J., Koenig, J., Turner, M., Gale, C., Molloy, E., ..., & Infection, Inflammation, Immunology and Immunisation section of the European Society for Pediatric Research (2023). Neonatal sepsis definitions from randomised clinicaltrials. *Pediatric Research*, 93(5), 1141-1148.

Hemmati, F., Sharma, D., Namavar Jahromi, B., Salarian, L., & Farahbakhsh, N. (2022). Delayed cord clamping for prevention of intraventricular hemorrhage in preterm neonates: A randomized control trial. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 35(19), 3633–3639. https://doi.org/1 0.1080/14767058.2020.1836148

Hu, X., Liang, H., Li, F., Zhang, R., Zhu, Y., Zhu, X., & Xu, Y. (2024). Necrotizing enterocolitis: Current understanding of the prevention and management. Pediatric Surgery International, 40(1), 32. https://doi.org/10.1007/s00383-023-05619-3

Jegatheesan, P., Lee, H. C., Jelks, A., & Song, D. (2024). Quality improvement efforts directed at optimal umbilical cord management in delivery room. *Seminars in Perinatology,* 48(3), 151905. https://doi.org/10.1016/j.sem peri.2024.151905

Jiang, S., Yan, W., Li, S., Zhang, L., Zhang, Y., Shah, P. S., Shah, V., Lee, S. K., Yang, Y., & Cao, Y. (2020). Mortality and morbidity in infants < 34 weeks' gestation in 25 NICUs in China: a prospective cohort study. Frontiers in Pediatrics, 8, 33. https://doi.org/10.3389/fped.2020.00033

Jobe, A. H. & Bancalari, E. (2001). Bronchopulmonary dysplasia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,* 163(7), 1723-1729. https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.7.2011060

Katheria, A., Ines, F., Lee, H., Sollinger, C., Balip, R., Morales, A., Sanjay, S., Dorner, R., Koo, J., Gollin, Y., Das, A., Poeltler, D., Steinhorn, R., Finer, N., & Lakshminrusimha, S. (2025). Deferred umbilical cord clamping with high oxygen content in extremely preterm infants: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics,* 179(9), 971-978. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2025.2128

Koo, J., Kilicdag, H., & Katheria, A. (2023). Umbilical cord milking—Benefits and risks. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1146057. https://doi.org/10.3389/fped.2023.1146057

Li, J., Yang, S., Yang, F., Wu, J., & Xiong, F. (2021). Immediate versus delayed cord clamping in preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Clinical Practice*, 75(11), e14709. https://doi.or-g/10.1111/ijcp.14709

Liu, L. Y., Feinglass, J. M., Khan, J. Y., Gerber, S. E., Grobman, W. A., & Yee, L. M. (2017). Evaluation of introduction of a delayed cord clamping protocol for premature neonates. *Obstetrics & Gynecology*, 129(5), 835-843. https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000001987

Lodha, A., Shah, P. S., Soraisham, A. S., Rabi, Y., Mehrem, A. A., Singhal, N., & Canadian Neonatal Network Investigators (2019). Association of deferred vs immediate cord clamping with severe neurological injury and survival in extremely low-gestationalage neonates. *JAMA Network Open*, 2(3), e191286. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.1286

López, L., Rodríguez, I. y Suazo, J. A. (2024). El clampaje tardío o pinzamiento inmediato del cordón umbilical en recién nacidos prematuros: ¿Estamos ante un cambio de paradigma en la reanimación que mejore los resultados de morbimortalidad en esta población? *Evidencias en Pediatría*, 20(15), 1-5. https://evidenciasenpediatria.es/files/41-14584-RUTA/Edit_15_Pinzamiento_prematuros.pdf

Marín-Montoya, B., Romero-Díaz, H. A., González-Peña, Y. A. y Leal-Omaña, M. F. (2024). Caracterización del tiempo de pinzamiento de cordón umbilical en dos unidades neonatales. *Perinatología y Reproducción Humana,* 38(3), 67–75. https://doi.org/10.24875/per.24000001

McAdams, R. M. & Juul, S. E. (2016). Neonatal Encephalopathy: Update on Therapeutic Hypothermia and Other Novel Therapeutics. *Clin Perinatol,* 43(3), 485-500. https://doi.org/10.1016/j.clp.2016.04.007

OMS, Organización Mundial de la Salud (2014). *Pinzamiento tardío del cordón umbilical para reducir la anemia en lactantes.* Organización Mundial de la Salud. https://iris.who.int/handle

/10665/120074

Peterson, C., Ferrer, L., Sanjay, S., Poeltler, D., Laks hminrusimha, S., & Katheria, A. C. (2024). Oxygenation associated with cord management strategies among preterm infants <32 weeks gestation during the transition period. *Journal of Perinatology*, 45(10), 55-62. https://doi.org/10.1038/s41372-024-02127-7

Philip, A. G. S. & Saigal, S. (2004). When should we clamp the umbilical cord? *NeoReviews*, 5(4), e 154-e162. https://doi.org/10.1542/neo.5-4-e142

Polglase, G. R., Dawson, J. A., Kluckow, M., Gill, A. W., Davis, P. G., Te-Pas, A. B., Crossley, K. J., McDougall, A., Wallace, E. M., & Hooper, S. B. (2015). Ventilation onset prior to umbilical cord clamping improves systemic and cerebral oxygenation in preterm lambs. *PLoS ONE*, 10(2), e0117504. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117504

Rabe, H., Gyte, G. M. L., Díaz-Rossello, J. L., & Duley, L. (2019). Effect of timing of umbilical cord clamping and other strategies to influence placental transfusion on maternal and infant outcomes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9, CD003248. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003248.pub4

Raina, J. S., Chawla, D., Jain, S., Khurana, S., Sehgal, A., & Rani, S. (2023). Resuscitation with intact cord versus clamped cord in late pre-term and term neonates: A randomized controlled trial. *Journal of Pediatrics,* 254, 54-60, https://doi.org/10.1016/j.jpeds. 2022.08.0611

Rangel-Calvillo, M. N. (2014). Monitoreo sobre el tiempo de pinzado y corte de cordón umbilical: Vigilancia de nuevas estrategias para la atención del parto. *Perinatología y Reproducción Humana*, 28(3), 134-138.

Secretaría de Salud (1987). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. [En línea]. Disponible en: https://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html Fecha de consulta: 8 de junio de 2026.

Secretaría de Salud (2016). Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-2016, Para la atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio, y de la persona recién nacida, en *Diario Oficial de la Federación*. [En línea]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432289&fecha=07/04/2016. Fecha de consulta: 8 de junio de 2026.

Seidler, A. L., Aberoumand, M., Hunter, K. E., Barba, A., Libesman, S., Williams, J. G., Shrestha, N., Aagerup, J., Sotiropoulos, J. X., Montgomery, A. A., Gyte, G. M. L., Duley, L., Askie, L. M., & Tarnow-Mordi, W. O. (2023). Deferred cord clamping, cord milking, and immediate cord clamping at preterm birth: A systematic review and individual participant data metaanalysis. *The Lancet*, 402(10418), 2209–2222. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02468-6.

Shao, H., Gao, S., Lu, Q., Zhao, X., Hua, Y., & Wang, X. (2021). Effects of delayed umbilical cord clamping on neonatal jaundice, phototherapy, and early hematological status in term cesarean deliveries. *Italian Journal of Pediatrics*, 47, 115. https://doi.org/10.1186/s13052-021-01069-6

Tarnow-Mordi, W., Morris, J., Kirby, A., Robledo, K., Askie, L., Brown, R., Wallace, E., Soll, R., Young, L., Sweet, D., Walker, S., Watkins, A., Wright, I., Osborn, D., ..., & Simes, J. (2017). Delayed versus immediate cord clamping in preterm infants. *New England Journal of Medicine*, 377 (25), 2445-2455. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1711281

Tewari, V. V., Saurabh, S., Tewari, D., Gaurav, K., Kunwar, B. R. B., Khashoo, R., Tiwari N., Yadav L., Barthi U., & Vardhan S. (2022). Effect of delayed umbilical cord clamping on hemodynamic instability in preterm neonates below 35 weeks. *Journal of Tropical Pediatrics*, 68(3). https://doi.org/10.1093/tropej/fmac035

Weiner, G. M., Lee, H. C., & American Academy of Pediatrics (2016). Libro de texto para la Reanimación Neonatal (Seventh edition). American Academy of Pediatrics. https://doi.org/10.1542/9781610028608

World Health Organization (2012). Born too soon: The global action report on preterm birth. World Health Organization. [En línea]. Disponible en: https://iris.who.int/handle/10665/75157. Fecha de consulta: 8 de junio de 2026.

Zou, G. (2004). A modified Poisson regression approach to prospective studies with binary data. *American Journal of Epidemiology*, 159(7), 702–706. https://doi.org/10.1093/aje/kwh090

Imágenes de Ana Itzel Casarrubias Jaimez

Insatisfacción corporal en escolares: identificación de factores asociados en dos comunidades rurales de Guerrero, México

Body Dissatisfaction in schoolchildren: identification of associated factors in two rural communities of Guerrero, Mexico

Rosa Iris Balbuena-Hernández[1], Grissel Deloya-Hernández[2], Danny Wilson Sanjuanelo-Corredor[3], Ana Itzel Casarrubias-Jaimez[2*]

RESUMEN

La insatisfacción corporal (IC) en la infancia representa un riesgo para la salud física y mental, incluso en contextos rurales tradicionales. El objetivo del presente estudio fue estimar el grado de IC e identificar factores asociados en escolares de 4° a 6° grado de dos comunidades rurales en Guerrero, México. Se aplicaron 139 encuestas a escolares. Se recolectaron datos sociodemográficos y antropométricos para calcular IMC con la edad (IMC-edad), así como para explorar la percepción de imagen corporal y variables conductuales. El 51.1 % de los menores fueron niñas y 48.9 % niños, con edad media de 10 años (rango 8 a 13 años). El análisis bivariado mostró asociaciones significativas entre IC e IMC-edad (OR = 7.600; IC95 %: 2.668 a 21.644), percepción del cuerpo de la madre (OR = 2.375; IC95 %: 1.005 a 5.612), preocupación por perder peso (OR = 2.772; IC95 %: 1.09 a 6.991) y prácticas para perder peso (OR = 3.200; IC95 %: 1.423 a 7.194). El 74.7 % de los escolares con peso saludable reportó preocupación por su imagen y 37.3 % de realizar prácticas para modificarla, lo que sugiere internalización temprana de ideales de imagen corporal, tanto de delgadez como de aumento de peso. No se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) por sexo en IC. En conjunto, los hallazgos evidencian la presencia de IC en población escolar de dos comunidades rurales y subrayan la pertinencia de intervenciones preventivas sensibles al territorio y enfocadas en la etapa escolar. Visibilizar la IC en la ruralidad podría contribuir a reducir desigualdades estructurales y promover un desarrollo integral más equitativo desde la infancia.

PALABRAS CLAVE: insatisfacción corporal, índice de masa corporal, percepción de imagen corporal, obesidad infantil, México.

ABSTRACT

Body dissatisfaction (BD) in childhood poses risks to physical and mental health, even in rural settings traditionals. This study aimed to estimate the degree of BD and identify associated factors among 4th–6th grade students from two rural communities in Guerrero, Mexico. We administered 139 surveys to schoolchildren. Sociodemographic and anthropometric data were collected to derive BMI-for-age, along with measures of body image perception and behavioral variables. 51.1 % of minors participating were girls and 48.9 % were boys with an average age of 10 years (range from 8 to 13 years). Bivariate analyses showed significant associations between BD and BMI-for-age (OR = 7.600; 95 % CI: 2.668 to 21.644), the perception of the mother's body (OR = 2.375; 95 % CI: 1.005 to 5.612), concern about losing weight (OR = 2.772; 95 % CI: 1.09 to 6.991), and weight-loss practices (OR = 3.200; 95 % CI: 1.423 to 7.194). Reported concern about their appearance and 37.3 % engaging in practices to modify it, suggesting early internalization of thinness ideals of body image, both thinness and weight gain. No significantly differences ($P \leq 0.05$) by sex in BD were observed. Overall, the findings demonstrate the presence of body image issues in the school population of two rural communities and highlight the relevance of preventive interventions that are contextsensitive and focused on the school-age period. Making BD visible in rural contexts could help reduce structural inequalities and promote a more equitable, comprehensive development from childhood.

KEYWORDS: body dissatisfaction, body mass index, body image perception, childhood obesity, Mexico.

***Correspondencia:** anajaimez@uagro.mx**/Fecha de recepción:** 2 de julio de 2025**/Fecha de aceptación:** 18 de noviembre de 2025**/Fecha de publicación:** 3 de junio de 2026.

[1]Universidad Autónoma de Guerrero, Coordinación de Vinculación de la Zona Sur, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C. P. 39560. [2]Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Enfermería núm. 2, Av. Paseo de la cañada S/N, Unidad Habitacional Alta Progreso, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C. P. 39610. [3]Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias. Cl. 222 #55 - 37, Bogotá, Colombia.

INTRODUCCIÓN

La insatisfacción corporal (IC) es un fenómeno multidimensional que surge de una valoración negativa del propio cuerpo e involucra componentes perceptuales, cognitivo-afectivos y conductuales (Quittkat y col., 2019). Se asocia con riesgos para la salud mental y física, como trastornos de la conducta alimentaria (TCA), ansiedad y baja autoestima, especialmente cuando se manifiesta en etapas tempranas (Lewis-Smith y col., 2020; Smith y col., 2024).

Aunque la mayoría de los estudios se han centrado en la adolescencia, como el de Goel y Goel (2024), la preadolescencia, definida vagamente como el periodo entre los 8 o 9 años y los 12, por Garey (2024), abarca etapas de la niñez (hasta los 9 años) y la adolescencia temprana (10 años a 14 años) (WHO, 2011) también representa un periodo crítico, caracterizado por cambios físicos, sociales y psicológicos que pueden distorsionar la percepción corporal y favorecer patrones de IC (Casarrubias-Jaimez y col., 2020; Moradi y col., 2020; Goel y Goel, 2024). Por ello, abordar la IC en preadolescentes de nivel primaria constituye una estrategia preventiva clave para preservar la salud integral.

En la población infantil, la IC muestra vínculos consistentes con indicadores conductuales y antropométricos, como el índice de masa corporal (IMC). En una cohorte del Reino Unido se observó que, a mayor IMC, mayor infelicidad con la apariencia entre niños de 11 años, siendo esta asociación más pronunciada en las niñas que en los niños (Creese y col., 2023). Asimismo, en escolares de primaria se ha documentado que la preocupación por el peso y las conductas para perderlo (por ejemplo, realizar dietas) coexisten tempranamente con la IC, conformando un perfil de riesgo que la literatura recomienda monitorear desde la edad escolar, entre 6 y 12 años (Pursey y col., 2021). Estos hallazgos subrayan que la IC no solo refleja la percepción física individual, sino que también se relaciona con presiones socioculturales sobre la imagen corporal.

Para comprender cómo se construye la imagen corporal en niñas y niños, resulta útil considerar marcos teóricos que expliquen la influencia del entorno sociocultural. Uno de los más reconocidos es el modelo de influencia tripartita, que plantea que la familia, los pares y los medios de comunicación actúan como agentes clave en la formación de la IC y en el desarrollo de la IC desde etapas tempranas (Stice y Shaw, 2002). Estudios recientes confirman que la exposición a los medios y la presión de pares y familia se asocian con la IC, y que este efecto se explica, en parte, por la internalización del ideal de delgadez (Duan y col., 2022; Dahlgren y col., 2024; Zanlorenci y col., 2024). Asimismo, las influencias familiares y de los pares se relacionan con un mayor riesgo de TCA (Dahill y col., 2021; Rienecke y Danielson, 2024). En este sentido, la percepción del cuerpo de la madre y del padre es un indicador del clima sociocultural del hogar y de los modelos corporales familiares, dado que la IC parental se asocia con una mayor IC infantil (Solano-Pinto y col., 2021), mientras que niveles más altos de confianza en la relación madre/padre–hijo se vinculan con menor IC en escolares (De-Coen y col., 2024).

Abordar la IC en contextos rurales es igualmente relevante, ya que las dinámicas sociales, culturales y de salud difieren de las urbanas (Jackson y col., 2003). Aunque algunos estudios no han encontrado diferencias significativas en los niveles generales de IC entre áreas urbanas y rurales (Rivera-Ochoa y col., 2021), en la ruralidad se han descrito condiciones que pueden modular su expresión, como perfiles nutricionales específicos y barreras de acceso a servicios especializados. En México, se han documentado limitaciones en la atención a la salud mental en comunidades rurales (González-Robledo y col., 2023), así como una orientación consistente hacia la delgadez (García-Mendoza, 2021). Además, se ha evidenciado que la IC y las representaciones alimentarias se construyen en marcos socioculturales propios del territorio (Pacheco-Cruz y col., 2020). Por ello, este estudio consi-

CienciaUAT. 20(2): 95-110 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2039

dera el entorno rural como un factor clave para analizar la IC en población escolar.

El objetivo del presente estudio fue estimar el grado de IC e identificar su asociación con el IMC, la preocupación por el peso, las prácticas para perder peso, el sexo, el nivel socioeconómico, y la percepción del cuerpo de los padres, en escolares de 4° a 6° grado, de dos comunidades rurales de Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población de estudio

Se realizó un estudio transversal en junio de 2024, para el cual, se eligieron dos localidades rurales del municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, México, por contar con menos de 2 500 habitantes; Sabanillas tenía 1 861 habitantes (INEGI, 2025a) y Ejido Nuevo 2 304 habitantes (INEGI, 2025b). Se llevó a cabo mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. El levantamiento de datos se efectuó en las dos únicas escuelas primarias públicas registradas durante el período del estudio: una en Sabanillas y otra en Ejido Nuevo. Se trabajó con los 143 alumnos de 4°, 5° y 6° grado, con matrícula vigente, que asistieron el día de la encuesta, pero se excluyeron a 4 participantes que no completaron la encuesta, por lo que se obtuvieron 139 expedientes.

Se capacitó a 12 estudiantes de la Licenciatura en Enfermería de la Universidad Autónoma de Guerrero. La capacitación incluyó una sesión teórica y práctica sobre el protocolo de aplicación del instrumento y las técnicas estandarizadas de medición de peso y talla. Durante el entrenamiento se realizaron ejercicios de estandarización y práctica supervisada, con el fin de reducir la variabilidad entre los 12 evaluadores. Durante el levantamiento, los encuestadores leyeron en voz alta cada pregunta, mientras los escolares registraban sus respuestas de forma individual. Los facilitadores resolvieron las dudas que surgieron durante el proceso de aplicación.

Insatisfacción corporal

Para evaluar la IC en escolares, se utilizó la escala diseñada por Castro (2014), conformada por seis siluetas para niñas y seis siluetas para niños, que representan cuerpos cuyo IMC varía desde bajo peso hasta obesidad. Las siluetas uno y dos, representaron cuerpos con bajo peso; la tercera, cuerpos con peso saludable; la cuarta y quinta, cuerpos con sobrepeso; y la sexta, cuerpos con obesidad. El procedimiento de aplicación replicó el utilizado en población escolar guerrerense por Casarrubias-Jaimez y col. (2020). La escala se administró en dos momentos: en el primero, los participantes seleccionaron la imagen corporal percibida (ICP), y en el segundo, la imagen corporal deseada (ICD). A cada silueta se le asignó un valor numérico correspondiente a su posición en la escala, manteniendo el mismo criterio para ambas mediciones.

El grado de IC, se estimó de la resta del valor de la ICP menos el valor de la ICD usando la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de IC} = \text{ICP} - \text{ICD}$$

Donde:
ICP = Imagen corporal percibida
ICD = Imagen corporal deseada

Según el valor obtenido, se clasificaron los siguientes grados de IC (Oliva-Peña y col., 2016): 0, satisfecho; 1, ligeramente insatisfecho; 2, moderadamente insatisfecho; y $\geq$ 3, severamente insatisfecho. A todos los participantes que presentaron algún grado de IC, se les clasificó como insatisfechos. Cuando la diferencia entre la ICP e ICD fue negativa, es decir, cuando el escolar seleccionó una silueta más robusta, se clasificó como IC orientada al aumento corporal. En estos casos, se conservó el signo negativo para indicar dicha orientación y se clasificó como ligeramente insatisfecho por bajo peso y moderadamente insatisfecho por bajo peso.

Preocupación por la imagen corporal

A partir del instrumento de medición diseñado por Casarrubias-Jaimez y col. (2020), se evaluaron la preocupación por la IC y las prácticas seguidas para perder peso, mediante seis preguntas.

Para evaluar la preocupación por el peso, asociado directamente con la IC, se incluyeron tres reactivos: ¿Crees que las personas consideran que estás muy delgado?, ¿Crees que las personas consideran que tienes sobrepeso u obesidad? y, ¿Tú quisieras perder peso? A partir de estas preguntas se creó la variable preocupación, codificada como 1 = sí, si el participante respondió afirmativamente al menos a una de las tres preguntas; y 0 = no, si todas fueron negativas.

Para evaluar prácticas para perder peso, se consideraron los reactivos: ¿Has intentado dejar de comer?, ¿Tienes miedo de comer porque piensas que vas a subir de peso? y, ¿Has realizado alguna dieta para tratar de perder peso? Esta variable se codificó de la misma forma 1 = sí, si respondió afirmativamente al menos a una de las tres preguntas; 0 = no, si no respondió afirmativamente a ninguna.

Percepción corporal de los padres

Se incluyó la percepción del cuerpo de la madre y del padre, debido a que la IC parental se asocia con una mayor IC infantil (Solano-Pinto y col., 2021). Para determinar la percepción que tenían los menores respecto del cuerpo de los padres se aplicó la escala propuesta por Stunkard y Albaum (1981), que presenta nueve siluetas para hombres y nueve para mujeres, representando cuerpos desde delgados hasta más robustos. Esta escala presenta nueve figuras ordenadas desde muy delgado hasta muy robusto. Debido a que el instrumento no establece categorías clínicas de estado nutricional, para fines analíticos, las siluetas fueron agrupadas en categorías aproximadas de bajo peso (1), peso saludable (2 a 5), sobrepeso (6 a 7) y obesidad (8 a 9), siguiendo criterios utilizados en investigaciones previas que emplean esta escala para aproximar el estado corporal percibido (Casarrubias-Jaimez y col., 2020).

Medidas antropométricas

La estatura se les midió descalzos, en bipedestación, con talones, glúteos y parte alta de la espalda en contacto con la pared, y la cabeza en el plano de Frankfurt. Se utilizó una cinta métrica, flexible, no extensible, graduada en cm, de uso manual, utilizada ampliamente en mediciones antropométricas de campo cuando no se dispone de equipo estandarizado, la cual fue fijada verticalmente; y se usó un tope cefálico rígido en ángulo recto para marcar el vértice.

Para obtener el peso, se colocó una báscula mecánica (Weightcare modelo WCS-0410, China) en una superficie plana y nivelada. Los participantes fueron pesados con ropa ligera y sin objetos, esperando la estabilización de la aguja antes de la lectura. Con estos datos se determinó el IMC y se clasificó por edad y sexo, según lo planteado por el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés: Center for Disease Control and Prevention) de Estados Unidos. Dichos criterios utilizan percentiles del IMC para definir las categorías de peso: valores por debajo del percentil 5 se consideran bajo peso; entre los percentiles 5 y 84, peso saludable; entre el 85 y el 95, sobrepeso; y por encima del percentil 95, obesidad (CDC, 2021). Por claridad terminológica, en lo sucesivo se utiliza “IMC-para-la-edad”, abreviado como “IMC-edad”, para referirse a las categorías de peso (CDC, 2021) derivadas de los percentiles de IMC por edad y sexo.

Análisis de datos

Frecuencias simples

La base se integró en formato .csv y se verificó su consistencia antes del análisis. Se realizaron análisis descriptivos de frecuencias y estimación de porcentajes para todas las variables.

Análisis bivariado

Para el análisis bivariado se delimitó a la IC orientada a la delgadez (IC > 0), excluyendo a las y los escolares cuya IC se orientó al aumento corporal (IC < 0), debido a que esta puede involucrar determinantes distintos, lo que compromete la comparabilidad con la literatura y la estabilidad de las estimaciones en una muestra acotada (Rodgers y col., 2014).

CienciaUAT. 20(2): 95-110 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2039

Las asociaciones se estimaron como odds ratios (OR) con intervalos de confianza del 95 % (IC 95 %) a partir de tablas de contingencia 2 x 2. Los análisis se realizaorn en IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) y MedCalc®. Cuando las tablas presentaron frecuencias esperadas < 5, particularmente en los análisis estratificados por sexo y percepción del físico parental, los valores de significancia estadística se estimaron mediante la prueba exacta de Fisher. En el resto de los análisis se utilizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson. Para garantizar conteos suficientes por celda y favorecer la comparabilidad con la literatura (Casarrubias-Jaimez y col., 2020), las variables se dicotomizaron de la siguiente manera: la variable de resultado, IC orientada a la delgadez, se codificó como 1 = insatisfecho/a orientado a la delgadez (IC > 0) y 0 = satisfecho/a (IC = 0); la variable comunidad se clasificó en Sabanillas y Ejido Nuevo; la edad se agrupó en 8 a 10 años y 11 a 13 años, puntos de corte que reflejan etapas del desarrollo relevantes para la IC. El IMC se categorizó como sobrepeso/obesidad (percentil ≥ 85) y bajo peso/peso saludable (percentil < 85), conforme a los criterios del CDC (2021).

La percepción del cuerpo de la madre y la del padre, se clasificaron en sobrepeso/obesidad (siluetas 6 a 9) y bajo peso/peso saludable (siluetas 1 a 5) (Stunkard y Albaum, 1981).

Consideraciones éticas

Se obtuvo anuencia institucional de los directores de ambas escuelas. Dado el carácter de riesgo mínimo del estudio, su naturaleza anónima y la ausencia de procedimientos clínicos o recolección de muestras biológicas, se implementó un procedimiento de consentimiento informado verbal con madres, padres o tutores, gestionado por la dirección escolar. La aceptación se documentó administrativamente y se respetó el derecho a no participar. Adicionalmente, todas y todos los escolares otorgaron su asentimiento antes de responder. Este esquema es consistente con precedentes en entornos escolares mexicanos (Casarrubias-Jaimez y col., 2020).

RESULTADOS

Insatisfacción corporal

Del total de la muestra (n = 139), 51.1 % fueron niñas y 48.9 % niños; 24 niños (17.3 %) y 35 niñas (25.2 %) pertenecían a la localidad de Sabanillas; mientras que 44 niños (31.7 %) y 36 niñas (25.9 %) al Ejido Nuevo. La edad promedio fue de 10 años, y se distribuyó de la siguiente manera: 8 años (0.7 %), 9 años (23 %), 10 años (30.2 %), 11 años (29.5 %), 12 años (15.1 %) y 13 años (1.4 %). Al momento del estudio, los participantes cursaban 4º, 5º y 6º grado (40.3 %, 28.8 % y 30.9 %, respectivamente). El peso mínimo fue 20 kg y el máximo 68 kg. La estatura osciló entre 124 cm y 167 cm. Conforme a las categorías del IMC-edad definidas por el CDC (2021), de la ICP, 8.6 % presentó bajo peso, 59.7 % peso saludable, 18 % sobrepeso y 13.7 % obesidad.

Los resultados mostraron una discordancia apreciable entre el estado nutricional real (IMC-edad) y la ICP (Tabla 1). Entre escolares con peso saludable (n = 83), el 50.6 % se identificó con su categoría real, 21.7 % se percibió con sobrepeso y 27.7 % con bajo peso. En bajo peso (n = 12), la coincidencia fue baja (25.0 %): la mayoría (66.7 %) se percibió con peso saludable y 8.3 % incluso con sobrepeso. En sobrepeso (n = 25), 68 % se identificaron correctamente; 28 % se subestimaron (peso saludable/bajo peso) y 4 % se sobreestimaron (obesidad). En obesidad (n = 19), 78.9 % se percibieron con sobrepeso, 10.5 % con peso saludable, y solo el 10.5 % coincidió con su categoría real.

La distribución de la ICD en función del IMC-edad, correspondiente a un peso saludable, reveló que el 38.6 % de la población estudiada deseaba tener la silueta que tenía, mientras que el 37.3 % deseaba tener bajo peso, y el 24.1 % sobrepeso. En bajo peso, solo el 33.3 % deseaba tener un peso saludable, mientras que el 50 % seleccionó la silueta de sobrepeso, solo el 16.7 % coincidía con su ICD. Entre los menores con un IMC-edad correspondiente a sobrepeso, 24 % deseaba tener la silueta que tenían, pero 48 % prefirieron la imagen de

Tabla 1. Distribución de la imagen corporal percibida e imagen corporal deseada según la categoría del estado nutricional.
Table 1. Distribution of perceived body image and desired body image according to nutritional status category.

IMC-edad (Categoría)	Global		Bajo peso		Peso saludable		Sobrepeso		Obesidad	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Imagen corporal percibida										
Bajo peso	12	8.6	3	25	8	66.7	1	8.3	0	0
Peso saludable	83	59.7	23	27.7	42	50.6	18	21.7	0	0
Sobrepeso	25	18.0	2	8	5	20	17	68	1	4
Obesidad	19	13.7	0	0	2	10.5	15	78.9	2	10.5
Imagen corporal deseada										
Bajo peso	12	8.6	2	16.7	4	33.3	6	50	0	0
Peso saludable	83	59.7	31	37.3	32	38.6	20	24.1	0	0
Sobrepeso	25	18.0	7	28	12	48	6	24	0	0
Obesidad	19	13.7	4	21.1	10	52.6	5	26.3	0	0

peso saludable y 28 % la de bajo peso. El 26.3 % de los menores con obesidad seleccionaron la silueta de sobrepeso, 52.6 % la de peso saludable y 21.1 % la de bajo peso. Ninguno de los menores eligió la silueta correspondiente a la mayor obesidad; el máximo aspiracional en el extremo de mayor robustez se concentró en sobrepeso.

Grado de IC

La distribución del grado de IC orientada a la delgadez (Tabla 2) indica que el 51.8 % mostró algún nivel de insatisfacción con su ICP (IC > 0). Entre los satisfechos (28.1 %) con su IC predominaron quienes tenían un peso saludable (76.9 %), seguidos de los de bajo peso (10.3 %). Cabe destacar, que los infantes con peso saludable, fueron quienes estuvieron mayormente insatisfechos en los grados de moderadamente y ligeramente, respectivamente. Únicamente en obesidad fue más constante el grado de severamente insatisfecho.

El grado de IC orientado al aumento de peso corporal se manifestó en 5 menores con bajo peso y 22 con peso saludable en las dimensiones ligeramente y moderadamente (Tabla 2). Solo 1 de los 25 menores con sobrepeso mostró ligera IC orientada al aumento corporal, pero ninguno de los 19 participantes con obesidad manifestó IC orientada a aumentar su peso. La distribución del IMC-edad por sexo, entre las niñas fue de bajo peso (7 %), peso saludable (63.4 %), sobrepeso (15.5 %) y obesidad (14.1 %). Entre los niños fue bajo peso (10.3 %), peso saludable (55.9 %), sobrepeso (20.6 %) y obesidad (13.2).

Preocupación por la imagen corporal

En cuanto a la proporción de escolares con preocupación por el sobrepeso y prácticas para perder peso según IMC-edad, la preocupación fue elevada en todas las categorías (Tabla 3), incluso en bajo peso (91.7 %) y peso saludable (74.7 %), lo que sugiere internalización generalizada de ideales de delgadez. En contraste, las prácticas para perder peso exhibieron un gradiente por estado nutricional, incrementándose de 8.3 % (bajo peso) a 37.3 % (peso saludable) y superando 70 % en sobrepeso (76 %) y obesidad (78.9 %).

Análisis bivariado

La IC se asoció significativamente con: IMC-edad (OR = 7.60; IC95 %: 2.66 a 21.64), percepción del cuerpo de la madre (OR = 2.37; IC95 %: 1.00 a 5.61), preocupación por perder peso (OR = 2.77; IC95 %: 1.09 a 6.99) y prácticas

Tabla 2. Distribución del grado de IC por estado nutricional para ambos tipos de orientación.
Table 2. Distribution of the orientation of BD level by nutritional status.

Grado de IC*	IMC-edad									
	Total		Bajo peso		Peso saludable		Sobrepeso		Obesidad	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
IC orientada a la delgadez										
Satisfecho	39	28.1	4	10.3	30	76.9	4	10.3	1	2.6
Ligeramente insatisfecho	52	37.4	2	3.8	22	42.3	17	32.7	11	21.2
Moderadamente insatisfecho	15	10.8	1	6.7	8	53.3	3	20.0	3	20.0
Severamente insatisfecho	5	3.6	0	0.0	1	20.0	0	0.0	4	80
IC orientado al aumento corporal										
Ligeramente insatisfecho por bajo peso	22	15.8	2	9.1	19	86.4	1	4.5	0	0
Moderadamente insatisfecho por bajo peso	6	4.3	3	50.0	3	50.0	0	0	0	0
Distribución del IMC-edad por sexo										
Niñas	71	51.1	5	7.0	45	63.4	11	15.5	10	14.1
Niños	68	48.9	7	10.3	38	55.9	14	20.6	9	13.2

*IC: insatisfacción corporal.

Tabla 3. Distribución de la preocupación por el peso corporal y prácticas para perder peso, según el estado nutricional estimado.
Table 3. Distribution of weight concern and weight-loss practices according to estimated nutritional status.

IMC-edad	Total		Muestran preocupación por el sobrepeso u obesidad		No muestran preocupación por el sobrepeso u obesidad		Realizan prácticas para perder peso		No realizan prácticas para perder peso	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Bajo peso	12	8.6	11	91.7	1	8.3	1	8.3	11	91.7
Peso saludable	83	59.7	62	74.7	21	25.3	31	37.3	52	62.7
Sobrepeso	25	18.0	20	80	5	20.0	19	76	6	24.0
Obesidad	19	13.7	17	89.5	2	10.5	15	78.9	4	21.1

para perder peso (OR = 3.20; IC95 %: 1.42 a 7.19) (Tabla 4). Si bien, la magnitud del OR para IMC-edad es consistente con la literatura (Casarrubias-Jaimez y col., 2020), el intervalo de confianza amplio refleja imprecisión por celdas escasas y tamaño muestral; por tanto, el hallazgo es exploratorio y requiere confirmación en muestras mayores.

El análisis bivariado del IMC-edad, contrastando los factores sobrepeso/obesidad frente a bajo peso/peso saludable mostró que el primer factor se asoció con mayor probabilidad de IC (Tabla 4). Al estratificar este efecto del IMC-edad sobre la IC, en función del sexo (Tabla 5), se observó que se acentúa en su estimación global, así como en niñas (OR = 6.72; P = 0.01) y en niños (OR = 10.76; P = 0.00). Por grupos etarios, el patrón se intensifica en 11 a 13 años (niñas OR = 18.47; P = 0.05; niños OR = 18.00, P = 0.01) y es más modesto o no concluyente en 8 a 10 años (niñas OR = 2.42, P = 0.33; niños OR = 7.3, P = 0.03). Sin embargo, esta estratificación arrojó estimaciones inestables para ambas variables (IC 95 % muy amplios por celdas pequeñas), lo que sugiere imprecisión más que un efecto robusto y posible atenuación por clasificación no diferencial.

Percepción corporal de los padres

En el análisis global, la percepción del cuerpo de la madre con sobrepeso/obesidad mostró una asociación limítrofe o inestable con la IC (OR = 2.37; IC95 %: 1.00 a 5.61; P = 0.048); dado que el límite inferior del IC95 % apenas supera la unidad y el intervalo es amplio (Tabla 6); la percepción del cuerpo del pa-

Tabla 4. Análisis bivariado de los factores asociados con la insatisfacción corporal.
Table 4. Bivariate analysis of factors associated with body dissatisfaction.

Variable	Categorías	Insatisfecho	Satisfecho	OR	IC95 %	Valor de P
Sexo	Mujer	43	19	1.560	0.712 a 3.421	0.266
	Hombre	29	20			
Comunidad	Ejido Nuevo	46	19	1.862	0.844 a 4.107	0.123
	Sabanillas	26	20			
IMC-edad	Sobrepeso/ obesidad	38	5	7.600	2.668 a 21.644	0.000
	Bajo peso/peso saludable	34	34			
Percepción del cuerpo de la madre	Sobrepeso/ obesidad	57	24	2.375	1.005 a 5.612	0.048
	Bajo peso/peso saludable	15	15			
Percepción del cuerpo del padre	Sobrepeso/ obesidad	9	1	5.428	0.661 a 44.547	0.115
	Bajo peso/peso saludable	63	38			
Preocupación por perder peso	Está preocupado	61	26	2.772	1.099 a 6.991	0.030
	No está preocupado	11	13			
Prácticas para perder peso	Sí realiza prácticas	48	15	3.200	1.423 a 7.194	0.004 9
	No realiza prácticas	24	24			

OR: Odds ratio; IC95 %: intervalo de confianza de 95 %.

Tabla 5. Efecto del IMC en función del sexo en el grado de insatisfacción corporal de los menores.
Table 5. Effect of BMI in accordance with sex on the level of body dissatisfaction of minors.

Variable	Categorías	Insatisfecho	Satisfecho	OR	IC95 %	Valor de P
Global	Sobrepeso/obesidad	38	5	2.668	2.668 a 21.644	0.000
	Bajo peso/peso saludable	34	34			
Niñas	Sobrepeso/obesidad	19	2	6.729	1.380 a 32.800	0.018
	Bajo peso/peso saludable	24	17			
Niños	Sobrepeso/obesidad	19	3	10.766	2.534 a 45.747	0.001
	Bajo peso/peso saludable	10	17			
Niñas						
8 a 10 años	Sobrepeso/Obesidad	7	2	2.423	0.405 a 14.463	0.331
	Bajo peso/Peso saludable	13	9			
11 a 13 años	Sobrepeso/Obesidad	12	0	18.478	0.955 a 357.493	0.053
	Bajo peso/Peso saludable	11	8			
Niños						
8 a 10 años	Sobrepeso/Obesidad	11	2	7.333	1.163 a 46.236	0.033
	Bajo peso/Peso saludable	6	8			
11 a 13 años	Sobrepeso/Obesidad	8	1	18.000	1.650 a 196.317	0.017
	Bajo peso/Peso saludable	4	9			

OR: Odds ratio. IC95 %: intervalo de confianza de 95 %.

Tabla 6. Efecto de la percepción del físico de los padres en el nivel de insatisfacción de los menores.
Table 6. Effect of parents' physical appearance perception on children's level of dissatisfaction.

Variable	Categorías	Insatisfecho	Satisfecho	OR	IC95 %	Valor de P
Percepción del cuerpo de la madre						
Global	Sobrepeso/obesidad	57	24	2.375	1.005 a 5.612	0.487
	Bajo peso/peso saludable	15	15			
Menores con bajo peso/ pero normal	Sobrepeso/obesidad	26	21	2.0119	0.702 a 5.760	0.1927
	Bajo peso/peso saludable	8	13			
Menores con sobrepeso/ obesidad	Sobrepeso/obesidad	31	3	2.9524	0.412 a 21.133	0.281
	Bajo peso/peso saludable	7	2			
Percepción del cuerpo del padre						
Global	Sobrepeso/Obesidad	63	38	0.1842	0.022 a 1.511	0.1152
	Bajo peso/Peso saludable	9	1			
Menores con bajo peso/ peso saludable	Sobrepeso/Obesidad	32	33	0.4848	0.041 a 5.614	0.5624
	Bajo peso/Peso saludable	2	1			
Menores con sobrepeso/ obesidad	Sobrepeso/Obesidad	31	5	0.3818	0.019 a 7.689	0.5297
	Bajo peso/Peso saludable	7	0			

OR: Odds ratio. IC95 %: intervalo de confianza de 95 %.

dre reportó un límite muy por debajo de la unidad, aunque el intervalo no fue tan amplio (OR = 0.18; IC 95 %: 0.02 a 1.51; P = 0.11). Estos resultados deben interpretarse con cautela y confirman la necesidad de estudios con mayor tamaño muestral, medidas parentales objetivas y modelos que consideren interacción/confusión por estado nutricional del menor y normas familiares/territoriales.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la IC se asoció significativamente con el IMC-edad, la percepción del cuerpo de la madre, la preocupación por perder peso y las prácticas para perder peso en escolares de dos comunidades rurales del estado de Guerrero, México (Tabla 4). Esto es consistente con investigaciones previas que han documentado la relación entre un IMC elevado y una mayor discrepancia entre la ICP y la ICD (Casarrubias-Jaimez y col., 2020; Bordeleau y col., 2021; Ríos-Reyna y col., 2024). Dicha asociación puede explicarse por el papel que desempeña el peso corporal en la construcción de la IC y su vínculo con la internalización de ideales estéticos promovidos desde edades tempranas —como la delgadez—, particularmente a través de los medios de comunicación (Holsen y col., 2012). Al desagregar por sexo y edad, el patrón se mantuvo en niñas y niños, con efectos más marcados en 11 a 13 años y estimaciones más modestas o no concluyentes en 8 a 10 años (Tabla 5). Esto sugiere que la fuerza de la asociación IMC-edad→IC aumenta en la preadolescencia temprana, más que ser "indistinta" por sexo en todo el rango etario. En consonancia con la literatura (Casarrubias-Jaimez y col., 2020; Ríos-Reyna y col., 2024), un mayor peso corporal se vincula con mayores discrepancias entre ICP e ICD (Tabla 1), pero los datos precisan que la magnitud del efecto depende de sexo y edad (Tablas 4 y 5), por lo que las intervenciones deberían considerar estas estratificaciones.

Se observó una discordancia sistemática entre el IMC-edad y la ICP en todas las categorías, incluida la de peso saludable, junto con un patrón aspiracional que evita las siluetas de obesidad y privilegia la delgadez. Dichos patrones corroboran inconsistencia perceptiva en todas las categorías, donde una fracción no menor se percibe más delgada o más pesada que sus mediciones objetivas (Tabla 1). Este perfil sugiere una combinación de subestimación del tamaño corporal en exceso ponderal y delgadez aspiracional aun en niñas y niños sin exceso de peso, coherente con lo reportado en población escolar latinoamericana y mexicana sobre la presencia de ideales delgados y su asociación con malestar corporal desde edades tempranas (Casarrubias-Jaimez y col., 2020; Andrés y col., 2023; Ríos-Reyna y col., 2024). Al mismo tiempo, se detectó un subgrupo menor con IC orientada al aumento corporal concentrado en bajo peso/peso saludable, lo que apunta a la coexistencia de ideales diferenciados, descrita recientemente en adolescentes y que puede emerger ya en la niñez (Gonzaga y col., 2023; Zanlorenci y col., 2024). En conjunto, los hallazgos del presente estudio refuerzan que la IC en la infancia no es un fenómeno unidimensional: coexisten sesgos y metas corporales divergentes, con mayor peso relativo de la delgadez como ideal (Tabla 2); sin embargo, la evidencia de riesgo de conductas de control de peso en escolares sin exceso ponderal (Tabla 3) refuerzan la pertinencia de acciones preventivas ajustadas al estado nutricional; intervenciones preventivas que, además de educación nutricional, incorporen componentes de apreciación corporal y alfabetización mediática para atenuar la internalización de estándares estéticos y sus efectos sobre el bienestar (Kurz y col., 2022).

En los datos obtenidos en el presente estudio, la percepción del cuerpo materno alcanzó una asociación estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), aunque limítrofe, con la IC infantil. Este hallazgo es coherente con la literatura que sitúa a la familia, particularmente a la figura materna, como agente sociocultural clave en la configuración temprana de la imagen corporal (Liu y col., 2023). Desde el modelo tripartita, la familia constituye una de las tres

principales fuentes de influencia en la internalización de ideales de apariencia, junto con pares y medios de comunicación (Stice y Shaw, 2002). Revisiones recientes subrayan que, junto con pares y medios de comunicación, el entorno familiar aporta normas de apariencia y prácticas de control del peso (Dahlgren y col., 2024; Zanlorenci y col., 2024). En población escolar, se ha documentado que, mayores niveles de presión o preocupación parental por el peso se asocian con mayor IC y conductas alimentarias de riesgo. No obstante, en el presente estudio el intervalo de confianza fue amplio y su límite inferior apenas superó la unidad, lo que sugiere una asociación potencial pero estimada con imprecisión. Por ello, se interpreta este resultado como consistente con el modelo tripartita, aunque aún susceptible de confirmación mediante muestras mayores, mediciones objetivas del IMC parental y escalas validadas de influencia familiar, así como análisis que exploren posibles interacciones por sexo y edad. También es conveniente explorar los dos aspectos no analizados en este estudio del modelo tripartita, la influencia de los pares y los medios de comunicación.

En una cohorte de adolescentes brasileños (2007 a 2018) se documentó un aumento en la prevalencia global de IC y la coexistencia de ideales diferenciados: mayor insatisfacción por percibirse delgados (deseo de robustez) en varones y mayor insatisfacción por sobrepeso (deseo de delgadez) en mujeres. Estos patrones son congruentes con la influencia de normas de apariencia que asocian la delgadez con esbeltez y la robustez con muscularidad, probablemente reforzadas por presiones socioculturales provenientes de los pares, los medios y la familia (Gonzaga y col., 2023). En la muestra, la IC orientada a la delgadez fue predominante; los análisis exploratorios estratificados por sexo y edad no evidenciaron un patrón consistente de mayor “deseo de robustez” en varones. Por el contrario, el factor que concentró la asociación con la IC en ambos sexos fue el sobrepeso/obesidad (Tabla 5). Dado que varios IC 95 % fueron amplios, estos indicios deben interpretarse con cautela.

En este marco, la presencia de preocupación por el peso y las prácticas para perder peso en edad escolar puede operar como señales tempranas de riesgo (Tabla 3) que los programas escolares de prevención de obesidad deberían monitorear y mitigar. Lejos de contraponerse a dichos programas, los hallazgos sugieren fortalecerlos con componentes de imagen corporal. La literatura reciente indica que las intervenciones escolares que incorporan estos módulos han mostrado mejorar la imagen corporal y la alfabetización mediática en jóvenes, potenciando la prevención primaria sin efectos adversos sobre la promoción de salud física (McLean y col., 2016; Kurz y col., 2022). Asimismo, estudios muestran que la presión percibida sobre la apariencia y la internalización de ideales corporales se asocian con mayor IC y conductas de riesgo, especialmente en adolescentes (Dahlgren y col., 2024; Zanlorenci y col., 2024). Por tanto, la integración de salvaguardas psicosociales en las estrategias escolares de salud favorece un equilibrio entre el cuidado del estado nutricional y la protección de la salud mental infantil.

Si bien, el presente diseño no permite comparar directamente los contextos rural y urbano, sí se han descrito diferencias por lugar de residencia en composición corporal y conductas relacionadas con el peso, vinculadas con la manifestación de la IC. Por ejemplo, Rivera-Ochoa y col. (2021) reportaron contrastes entre adolescentes rurales y urbanos en estado nutricional, actividad física y sedentarismo asociados con IC.

En México y otros países latinoamericanos, las normas comunitarias y familiares, junto con la exposición a medios de comunicación, se entrelazan para moldear los ideales de apariencia, observándose asociaciones consistentes entre la internalización de estos ideales y una mayor IC (UNICEF, 2021; Andres y col., 2024). A ello se suma el acceso limitado a servicios de salud mental en zonas rurales, donde los circuitos de referencia son frágiles y la detección oportuna de problemas relacionados con la imagen corporal puede verse

retrasada (González-Robledo y col., 2023). En el caso de Guerrero, los estudios previos se han centrado principalmente en zonas urbanas de Acapulco (Casarrubias-Jaimez y col., 2020), por lo que abordar la IC en entornos rurales constituye una contribución inicial para visibilizar una problemática poco estudiada y resalta la necesidad de desarrollar estrategias de salud pública sensibles al contexto territorial, cultural y estructural.

En este estudio, el sexo no mostró asociación significativa con la IC (Tabla 4); aunque, al condicionar por IMC-edad emergió un patrón consistente: tanto en niñas como en niños, el sobrepeso/obesidad se asoció con mayor probabilidad de IC frente a bajo peso/peso saludable (Tabla 5), sin embargo, no hubo significancia en niñas de 8 a 10 años. Esto sugiere que el gradiente ponderal es el determinante principal de la IC en ambos sexos y ayuda a explicar por qué el "efecto sexo" aislado puede diluirse cuando no se controla por estado nutricional. La desagregación por edad matiza el cuadro señalando que entre 11 a 13 años, la relación IMC-edad→IC es más intensa, compatible con transiciones puberales y mayor saliencia de normas de apariencia; en 8 a 10 años el patrón es más modesto. No obstante, varios IC 95 % amplios reflejan celdas pequeñas y potencia limitada, por lo que estos indicios de posible modificación del efecto por edad, y consistencia por sexo, se deben interpretar como exploratorios, aunque alineados con la literatura que identifica al IMC como predictor robusto de IC en población escolar (Bordeleau y col., 2021; Ríos-Reyna y col., 2024).

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse. Los porcentajes son descriptivos de dos escuelas rurales específicas y no deben interpretarse como estimaciones estatales o nacionales; por ello, se debe evitar comparaciones directas; y se circunscribió la discusión a la evidencia disponible y a las limitaciones muestrales propias. Aunque la muestra incluyó la totalidad de la población escolar presente durante una jornada regular en las dos únicas escuelas de las comunidades rurales estudiadas, lo que confiere solidez contextual a los hallazgos, su extrapolación directa a otras comunidades rurales debe hacerse con precaución. Además, una distribución equilibrada por sexo no reduce la variabilidad por sí misma; lo que limita la precisión es la fragmentación en estratos sexo×edad×IMC, que genera conteos pequeños e incertidumbre. No se observó un efecto principal del sexo (Tabla 4), pero a mayor IMC-edad, el riesgo de IC aumenta en ambos sexos, con señales más notorias en 11 a 13 años (Tabla 5); futuras muestras mayores deberían probar formalmente las interacciones sexo×IMC y edad×IMC. Si bien, los análisis bivariados permitieron identificar asociaciones significativas entre la IC y variables como el IMC, la preocupación por el peso y las prácticas para perderlo (Tabla 4), el diseño fue transversal, por lo que se requieren futuras investigaciones con enfoques longitudinales que permitan comprender cómo evoluciona la IC y sus factores asociados a lo largo del desarrollo infantil y adolescente, lo que contribuiría a una mejor focalización de políticas públicas según grupo etario.

Por otro lado, la medición de la percepción corporal de los padres mediante la escala de siluetas de Stunkard y Albaum (1981), instrumento originalmente diseñado para la autopercepción corporal en adultos por su carácter visual, facilita su aplicación, sin embargo, no existe evidencia de validación específica para que menores evalúen el cuerpo de sus padres, por lo que esta aproximación debe interpretarse con cautela. También se debe considerar que no se incorporaron variables como la exposición a redes sociales, las cuales han mostrado una influencia creciente en la construcción de la IC desde edades tempranas (Suhag y Rauniyar, 2024). Futuras investigaciones deberían incorporar variables como la exposición a redes sociales, su frecuencia y tipo de contenido, considerando que estas plataformas actúan como agentes socioculturales influyentes, tal como lo plantea el modelo de influencia tripartita (Stice y Shaw, 2002).

En México, los mensajes y modelos sobre hábitos saludables y control del peso forman parte del sistema educativo oficial, por lo que se imparte en todas las escuelas, urbanas y rurales; por ejemplo, la estrategia nacional de Vive saludable, vive feliz del modelo educativo la Nueva Escuela Mexicana, ofrece prescripciones sobre cuerpo y salud que pueden interactuar con normas estéticas mediáticas y familiares (Gobierno de México, 2025). Sin embargo, los resultados refuerzan la necesidad de diseñar intervenciones preventivas adaptadas al contexto rural, orientadas a disminuir la preocupación por el peso y modular las posibles prácticas no supervisadas para adelgazar en edad escolar. La escuela se plantea como una plataforma accesible y estratégica, articulada con la familia y la atención primaria, para implementar acciones como alfabetización mediática, promoción de la apreciación corporal, mensajes no centrados en el peso, tamizajes breves y rutas locales de referencia. Además de reducir la IC, estas intervenciones podrían mejorar otras dimensiones del bienestar infantil como el sueño, la autoestima y la salud emocional, tal como se ha documentado recientemente (Lin y col., 2024).

A partir de los hallazgos observados, se sugiere impulsar políticas públicas orientadas a la promoción de la salud mental y corporal en la niñez, fortaleciendo la capacitación del personal sanitario en la detección temprana de alteraciones en la percepción corporal, así como el desarrollo de iniciativas comunitarias que favorezcan entornos protectores. Estas estrategias deben estar especialmente dirigidas a la población escolar rural, dada la limitada evidencia disponible y el potencial que representan estas comunidades para la prevención primaria (Sinha y col., 2024).

El hallazgo del grupo de niños cuyo deseo corporal se orienta hacia una mayor robustez destaca la importancia de mantener un enfoque integral del bienestar infantil que considere la salud física y emocional, el fortalecimiento de la educación nutricional, el acceso equitativo a alimentos saludables y la implementación de programas de suplementación acordes con los contextos rurales. En coherencia con las estrategias nacionales para reducir sobrepeso y obesidad, las acciones escolares y comunitarias deberían priorizar la educación nutricional basada en evidencia, el acceso a alimentos saludables y el seguimiento clínico oportuno, cuidando que los mensajes y las prácticas no generen estigma ni malestar corporal, especialmente en menores con mayor predisposición al exceso de peso a lo largo de la vida. Se recomienda promover lenguaje no centrado en el peso, apreciación corporal y rutas de referencia en salud mental, de modo que la mejora de los indicadores físicos no se logre a costa del bienestar psicológico.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio evidencian que la IC está presente desde etapas tempranas del desarrollo, incluso en comunidades rurales, y se asocia significativamente con el IMC, la percepción del cuerpo de la madre, la preocupación por el sobrepeso y las prácticas para perder peso. Dicha evidencia cuestiona la idea de que las infancias rurales están menos expuestas a los modelos estéticos hegemónicos e identifica una problemática poco visibilizada en esos contextos. La novedad del estudio es empírica y aporta evidencia en escolares mexicanos de cuarto a sexto grado de dos comunidades rurales de Guerrero. Empleando métodos e instrumentos ampliamente usados, esta base respalda intervenciones preventivas sensibles al territorio y al entorno escolar y su incorporación en la agenda pública para reducir desigualdades y proteger el bienestar físico y emocional desde la niñez.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Andres, F. E., Boothroyd, L. G., Thornborrow, T., Chamorro, A. M., Dutra, N. B., Brar, M., Woodward, R., Neetu Malik, N., Sawhney, M., & Evans, E. H. (2024). Relationships between media influence, body image and sociocultural appearance ideals in Latin America: A systematic literature review. *Body Image*, 51, 101774. https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2024.101774

Bordeleau, M., Leduc, G., Blanchet, C., Drapeau, V., & Alméras, N. (2021). Body size misperception and dissatisfaction in elementary school children. *Childhood Obesity*, 17(7), 467-475. https://doi.org/10.1089/chi.2020.0221

Casarrubias-Jaimez, A. I., Legorreta-Soberanis, J., Sanchez-Gervacio, B. M., Serrano-de-Los Santos, F. R., Paredes-Solis, S., Flores-Moreno, M., Andersson, N., & Cockcroft, A. (2020). Body image and obesity in children from public primary schools in Acapulco, Mexico: A cross-sectional study. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.*, 77(3), 119-126. https://doi.org/10.24875/BMHIM.20000027

Castro, L. S. (2014). Diseño de Escalas de Siluetas de la Imagen Corporal en Preescolares de Lima [Tesis de Licenciatura]. Lima: Universidad Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina; 2014. [En línea]. Disponible en: http://www. cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4154/Castro_sl.pdf?sequence=1&isallowed=y. Fecha de consulta: 18 de enero de 2024.

CDC, Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (2021). Acerca del índice de masa corporal para niños y adolescentes, en *Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades*. [En línea]. Disponible en: https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/childrens_bmi/acerca_indice_masa_corporal_ninos_adolescentes.html.

Creese, H., Saxena, S., Nicholls, D., Pascual Sanchez, A., & Hargreaves, D. (2023). The role of dieting, happiness with appearance, self-esteem, and bullying in the relationship between mental health and body-mass index among UK adolescents: a longitudinal analysis of the Millennium Cohort Study. *EClinical Medicine,* 60, 101992. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.101992

Dahill, L. M., Touyz, S., Morrison, N. M. V., & Hay, P. (2021). Parental appearance teasing in adolescence and associations with eating problems: a systematic review. *BMC Public Health*, 21(1), 450. https://doi.org/10.1186/s12889-021-10416-5

Dahlgren, C. L., Sundgot-Borgen, C., Kvalem, I. L., Wennersberg, A. L., & Wisting, L. (2024). Further evidence of the association between social media use, eating disorder pathology and appearance ideals and pressure: a cross-sectional study in Norwegian adolescents. *Journal Eat Disord,* 12(1), 34. https://doi.org/10.1186/s40337-024-00992-3

De-Coen, J., Verbeken, S., & Goossens, L. (2023). Body dissatisfaction and low self-esteem in elementary school-aged children: the role of media pressure and trust in parent-child relationships. *Front Psychol*, 14, 1228860. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1228860

Duan, C., Lian, S., Yu, L., Niu, G., & Sun, X. (2022). Photo Activity on Social Networking Sites and Body Dissatisfaction: The Roles of Thin-Ideal Internalization and Body Appreciation. *Behav Sci (Basel)*, 12(8). https://doi.org/10.3390/bs12080280

García-Mendoza, F. (2021). Body image dissatisfaction among rural population: a systematic review. *Mexican Journal of Medical Research ICSA*, 9(17), 36-40.

Garey, J. (2024). Criar preadolescentes: Todo lo que debes saber, en *Child Mind Institute*. [En línea]. Disponible en: https://childmind.org/es/articulo/criar-preadolescentes-todo-lo-que-debe-saber/. Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2025.

Gobierno de México (2025). Vive saludable. Vive feliz [Estrategia Nacional Integral de Vida Saludable]. https://vidasaludable.gob.mx/. Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025.

Goel, A. & Goel, P. (2024). The Multidimensional Construct of Adolescent Body Image: Challenges, Risks, and Management Strategies. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, 6(4), 1-9.

Gonzaga, I., Ribovski, M., Claumann, G. S., Folle, A.,

Beltrame, T. S., Laus, M. F., & Pelegrini, A. (2023). Secular trends in body image dissatisfaction and associated factors among adolescents (2007-2017/2018). *PLoS One,* 18(1), e0280520. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280520

González-Robledo, M. C., Gonzalez-Robledo, L. M., Nudel-Ontiveros, A., Agudelo-Botero, M., Rodriguez-Cuevas, F. G. y Reyes-Morales, H. (2023). Trabajadoras comunitarias de salud: experiencias en el abordaje de la salud mental en zonas rurales de Chiapas. *Salud Pública México*, 65(3), 275-284. https://doi.org/10.21149/14183

Holsen, I., Jones, D. C., & Birkeland, M. S. (2012). Body image satisfaction among Norwegian adolescents and young adults: A longitudinal study of the influence of interpersonal relationships and BMI. *Body Image*, 9(2), 201-208. https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2012.01.006

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2025a). Sabanillas, Acapulco de Juárez, Guerrero, en *México en cifras*. [En línea]. Disponibleen:https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=120010149#collapse-Resumen. Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2025b). Ejido Nuevo, Acapulco de Juárez, Guerrero, en *México en cifras*. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=120010102#collapse-Resumen. Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025.

Jackson, R. T., Rashed, M., & Saad-eldin, R. (2003). Rural urban differences in weight, body image, and dieting behavior among adolescent Egyptian schoolgirls. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(1), 1-11. https://doi.org/10.1080/0963748031000062047

Kurz, M., Rosendahl, J., Rodeck, J., Muehleck, J., & Berger, U. (2022). School-Based Interventions Improve Body Image and Media Literacy in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Prevention*, 43(1), 5–23. https://doi.org/10.1007/s10935-021-00660-1

Lewis-Smith, H., Bray, I., Salmon, D., & Slater, A. (2020). Prospective Pathways to Depressive Symptoms and Disordered Eating in Adolescence: A 7-Year Longitudinal Cohort Study. *Journal Youth Adolesc*, 49(10), 2060-2074. https://doi.org/10.1007/s10964-020-01291-1

Lin, J., Wang, D., Wang, W., Chen, H., Lin, W., Yin, L., Ma, Z., Fan, Y., & Fan, F. (2024). Concurrent and longitudinal associations of dissatisfaction with height and weight, body mass index with sleep disturbance among adolescents in China. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 34(1), 341-350. https://doi.org/10.1007/s00787-024-02499-3

Liu, K., Zhang, J., Liu, S., Chen, J., Zhang, Y., Li, W., Fu, H., & Fu, L. (2023). Parental stress on children's appearance, body dissatisfaction, and eating behaviours in Chinese children: A pathway analysis. *Psychology Research and Behavior Management,* 16, 363-372. https://doi.org/10.2147/PRBM.S395628

McLean, S. A., Paxton, S. J., & Wertheim, E. H. (2016). Does Media Literacy Mitigate Risk for Reduced Body Satisfaction Following Exposure to Thin-Ideal Media? *Journal of Youth and Adolescence*, 45(8), 1678-1695.

Moradi, M., Mozaffari, H., Askari, M., & Azadbakht, L. (2020). Association between overweight/obesity with depression, anxiety, low selfesteem, and body dissatisfaction in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* 62(2), 555-570. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1823813

Oliva-Peña, Y., Ordóñez-Luna, M., Santana-Carvajal, A., Marín-Cárdenas, A. D., Andueza-Pech, G. y Gómez-Castillo, I. A. (2016). Concordancia del IMC y la percepción de la imagen corporal en adolescentes de una localidad suburbana de Yucatán. *Revista Biomédica*, 27(2), 49-60.

Pacheco-Cruz, R., Granados-Villalobos, M. L., Mota-Magaña, L., Luna-Silva, N. C. y Meza-Jiménez, M. L. (2020). Asociación de la percepción de la imagen corporal con índice de masa corporal y estado emocional en adolescentes indígenas zapotecas. *Revista Biomédica*, 31(1), 15–22. https://doi.org/10.32776/revbiomed.v31i1.690

Pursey, K. M., Burrows, T. L., Barker, D., Hart, M., &

Paxton, S. J. (2021). Disordered eating, body image concerns, and weight control behaviors in primary school aged children: A systematic review and meta-analysis of universal-selective prevention interventions. The International *Journal of Eating Disorders,* 54(10), 1730–1765. https://doi.org/10.1002/eat.23571

Quittkat, H. L., Hartmann, A. S., Dusing, R., Buhlmann, U., & Vocks, S. (2019). Body Dissatisfaction, Importance of Appearance, and Body Appreciation in Men and Women Over the Lifespan. *Front Psychiatry,* 10, 864. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2019.00864

Rienecke, R. D., Trotter, X., & Jenkins, P. E. (2024). A systematic review of eating disorders and family functioning. *Clinical Psychology Review*, 112, 102462. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2024.102462

Ríos-Reyna, C., Castillo-Ruíz, O., Alemán-Castillo, S. E. y González-Pérez, A. L. (2024). Asociación del índice de masa corporal con la insatisfacción corporal en escolares. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 74(2), 97-106. https://doi.org/10.37527/2024.74.2.003

Rivera-Ochoa, M., Arroyo-Bello, M., Mañas, A., Quesada-González, C., Vizmanos-Lamotte, B., González-Gross, M., & Guadalupe-Grau, A. (2021). Body dissatisfaction and its association with nutritional status, physical activity, and sedentarism among rural and urban Mexican adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (22), 12139. https://doi.org/10.3390/ijerph182212139

Rodgers, R. F., Paxton, S., & McLean, S. A. (2014). A biopsychosocial model of body image concerns and disordered eating in early adolescent girls. *Journal of Youth and Adolescence*, 43(5), 814-823. https://doi.org/10.1007/s10964-013-0013-7

Sinha, N., Patil, P. S., Longkumer, I., & Chadha, Y. (2024). Exploring Body Image Dissatisfaction and Psychiatric Co-morbidities in Rural India: A Comprehensive Review. *Cureus*, 16(1), e53123. https://doi.org/https://doi.org/10.7759/cureus.53123

Smith, D. L., Damiano, S. R., McLean, S. A., Wertheim, E. H., & Paxton, S. J. (2024). Biopsychosocial correlates of body satisfaction in 7- to 8-year old children: a cross-sectional and prospective investigation. *Journal Eat Disord*, 12(1), 215. https://doi.org/10.1186/s40337-024-01178-7

Solano-Pinto, N., Sevilla-Vera, Y., Fernández-Cézar, R., & Garrido, D. (2021). Can parental body dissatisfaction predict that of children? A study on body dissatisfaction, body mass index, and desire to diet in children aged 9–11 and their families. *Frontiers in Psychology*, 12, 650744. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.650744

Stice, E. & Shaw, H. E. (2002). Role of body dissatisfaction in the onset and maintenance of eating pathology: A synthesis of research findings. *Journal of Psychosomatic Research*, 53(5), 985-993. https://doi.org/10.1016/S0022-3999(02)00488-9

Stunkard, A. J. & Albaum, J. M. (1981). The accuracy of self-reported weights. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34(8), 1593-1599. https://doi.org/Doi:10.1093/ajcn/34.8.1593

Suhag, K. & Rauniyar, S. (2024). Social Media Effects Regarding Eating Disorders and Body Image in Young Adolescents. *Cureus*, 16(4), e58674. https://doi.org/10.7759/cureus.58674

UNICEF, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2021). Estado Mundial de la Infancia 2021: En mi mente. Promover, proteger y cuidar la salud mental de la infancia. UNICEF. Disponible en: https://www.unicef.org/es/informes/estado-mundial-de-la-infancia-2021. Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2025.

Zanlorenci, S., Goncalves, L., Moraes, M. S., Santiago, L. N., Pedroso, M. S., & Silva, D. A. S. (2024). Comprehensive Scoping Review on Body Image Perceptions and Influences in Children and Adolescents. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 14(10), 2716-2734. https://doi.org/10.3390/ejihpe14100179

Imágenes de Canva educativo

Prevalencia y caracterización de la sintomatología depresiva en estudiantes universitarios
The prevalence and characterization of depressive simptomatology in university students

César Antonio Tapia-Varela[1]*, José Raúl Tapia-Varela[2], Erika Jazmín Bañuelos-Ramírez[1]

RESUMEN

La sintomatología depresiva en universitarios es un problema de salud pública que impacta el rendimiento académico. El objetivo de este trabajo fue determinar la prevalencia de sintomatología depresiva y comparar los perfiles sintomáticos nucleares por sexo en estudiantes de la Unidad Académica de Educación y Humanidades (UAEH), de la Universidad Autónoma de Nayarit. Se realizó un estudio cuantitativo, transversal y descriptivo-correlacional, evaluando a 831 estudiantes (81 % mujeres, 19 % hombres) mediante el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II). Se aplicaron la prueba t de Welch y el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados revelaron una prevalencia de sintomatología clínicamente significativa del 38.5 %, de los cuales, el 22.5 % se situó en niveles de moderado a grave. No se hallaron diferencias significativas en el puntaje total por sexo ($P = 0.55$), y se identificó una paridad en el nivel de sintomatología depresiva grave (9.4 % hombres y 9.2 % mujeres). El análisis de desagregación sintomática, a nivel de ítems, demostró manifestaciones diferenciadas en ambos sexos, resaltando el llanto y cambios en el apetito en mujeres ($P \leq 0.01$). En los varones, la sintomatología depresiva mostró un nivel de correlación muy fuerte con la pérdida de energía ($R = 0.83$), disconformidad con uno mismo, cambios en los hábitos de sueño y el placer (los tres últimos con $R = 0.76$); mientras que, en las mujeres, se presentó un nivel de correlación muy fuerte con la dificultad de concentración ($R = 0.76$), y considerable con la pérdida de energía e indecisión (ambas con $R = 0.75$). El entorno universitario constituye un escenario de alto riesgo psicológico que requiere intervenciones diferenciadas, destacando el sentimiento de fracaso como un indicador clínico crítico en la población masculina, asociado a las presiones de rendimiento académico.

PALABRAS CLAVE: depresión, estudiantes universitarios, diferencias de sexo, inventario de depresión de Beck BDI-II, salud mental.

ABSTRACT

Depression symptomatology among university students is a public health concern that impacts academic performance. The objective of this study was to determine the prevalence of depressive symptomatology and compare core symptomatic profiles by sex among students at the UAEH of Autonomous University of Nayarit. A quantitative, cross-sectional, and descriptive-correlational study was conducted, evaluating 831 students (81 % female, 19 % male) using the Beck Depression Inventory (BDI-II). Welch's t-tests and Spearman's correlation coefficients were applied. Results revealed a prevalence of clinically significant symptomatology of 38.5 %, with 22.5 % situated within the moderate-to-severe range. No significant gender differences were found in total scores ($P = 0.55$), and similar scores were identified in the severe depressive symptomatology (9.4 % for men and 9.2 % for women). Symptom disaggregation analysis, at the item level, demonstrated differing manifestations in both sexes, highlighting crying and changes in appetite in women ($P \leq 0.01$). In men, depressive symptomatology was strongly correlated with energy loss ($R = 0.83$), self-dissatisfaction, and changes in sleep and pleasure patterns (the last three with $R = 0.76$); while in women, depression was strongly correlated with concentration problems ($R = 0.76$) and was also considerably correlated with energy loss and indecisiveness (both = $R = 0.75$). The university environment constitutes a high-risk psychological setting requiring tailored interventions, highlighting feelings of failure as a critical clinical indicator in the male population associated with academic performance pressures.

KEYWORDS: depression, university students, sex differences, Beck Depression Inventory BDI-II, mental health.

***Correspondencia:** cesar.tapia@uan.edu.mx**/Fecha de recepción:** 8 de octubre de 2025**/Fecha de aceptación:** 13 de marzo de 2026**/Fecha de publicación:** 18 de mayo de 2026.

[1]Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Educación y Humanidades, calle cuatro núm. 9, Lagos del Country, Tepic, Nayarit, México, C. P. 63175.
[2]Universidad Autónoma de Nayarit, Secretaría de Investigación y Posgrado, Xalisco, Nayarit, México, C. P. 63787.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la depresión se ha consolidado como un problema de salud pública crítico y la principal causa de discapacidad, afectando a aproximadamente 280 millones de personas, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023). Entre los años 2005 y 2015, la carga global de este trastorno se incrementó en un 18 %, lo que refleja un impacto creciente en la capacidad funcional y la calidad de vida de la población (Flesch y col., 2020; García-Batista y col., 2018). Desde una perspectiva estructural, la evidencia psicométrica contemporánea sugiere que la depresión no es un constructo unitario, sino que se organiza en dimensiones cognitivas, afectivas y somáticas que interactúan de forma compleja entre sí (García-Batista y col., 2018). Este trastorno suele manifestarse inicialmente durante la adolescencia (Contreras-Valdez y col., 2015), aunque su prevalencia exhibe variaciones significativas según el género y el grupo poblacional. A nivel global, la prevalencia es aproximadamente 1.5 veces más alta en mujeres (6 %) que en hombres (4 %) (OMS, 2023). En contextos específicos, como el ámbito universitario, se han reportado tasas de episodios depresivos mayores de hasta el 32 %, identificándose una razón de prevalencia de 1.59 en mujeres respecto a sus pares masculinos (Flesch y col., 2020).

En términos de mortalidad, la depresión constituye un factor de riesgo determinante para el suicidio, el cual representa la cuarta causa de muerte en el grupo etario de 15 a 29 años (OMS, 2023). Más allá de la vulnerabilidad biológica, el desarrollo de cuadros depresivos se asocia con factores de riesgo críticos como la orientación sexual minoritaria, los antecedentes familiares de trastornos psiquiátricos y el bajo rendimiento académico; este último factor incrementa hasta 2.6 veces el riesgo de presentar el trastorno (Flesch y col., 2020). Las graves repercusiones económicas, políticas y familiares de la depresión subrayan su prominencia y la urgente necesidad de su estudio (Serrano-Barquín y col., 2013), ya que genera costos económicos sustanciales debido a la baja productividad, el ausentismo laboral y su rol histórico como una de las principales fuentes de discapacidad global (Vázquez-Machado, 2013; Navarro-Loli y col., 2017).

La vulnerabilidad a los trastornos mentales se exacerba notablemente en el entorno universitario (Hambisa y col., 2020; Ramón-Arbués y col., 2020). La evidencia internacional y regional subraya la magnitud de esta problemática: la prevalencia de algún trastorno mental en este ámbito oscila entre el 15 % y el 25 %, siendo la depresión el más común (Flesch y col., 2020). En América Latina, los trastornos depresivos son los más comunes, con una alta prevalencia entre las mujeres (Serrano-Barquín y col., 2015; Valdés y col., 2017), impactando significativamente la calidad de vida y las interacciones sociales (Serrano-Barquín y col., 2015; Valdés y col., 2017). En regiones específicas se han reportado tasas elevadas, como en Etiopía (27.7 % a 32.2 %) (Ahmed y col., 2020; Hambisa y col., 2020; Anbesaw y col., 2023).

Los estudiantes están expuestos a múltiples factores estresantes, tales como exigencias académicas, presión financiera, distanciamiento familiar y adaptación a nuevos entornos (Ramón-Arbués y col., 2020; Heumann y col., 2024). Estos desafíos resultan en una prevalencia de sintomatología depresiva notablemente alta, que oscila entre el 30 % y el 50 % (Flesch y col., 2020) y supera la tasa global promedio reportada en metaanálisis (30.6 %) (Contreras-Valdez y col., 2015; Andrés y col., 2017). Casos específicos refuerzan esta tendencia: en Estados Unidos, casi la mitad de los estudiantes (48 %) experimentó sintomatología (Sánchez-Villena y Farfán, 2019), en el sur de Brasil el 32 % de los estudiantes de primer ingreso presentaron episodio depresivo mayor (EDM) (Flesch y col., 2020), mientras que en China se reportó un 23.8 % (Lei y col., 2016), en Pakistán 42.66 % (Khan y col., 2021) y en Alemania 30.6 % durante la pandemia (Heumann y col., 2024).

El EDM, al ser un estado de ánimo con bajo o nulo interés y placer por las actividades ha-

 CienciaUAT. 20(2): 111-126 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2064

bituales, que dura al menos dos semanas, tiene un impacto perjudicial que afecta directamente el rendimiento académico e incrementa el riesgo de ideación suicida y deserción escolar (Ahmed y col., 2020; Flesch y col., 2020; Heumann y col., 2024). Entre los factores asociados consistentemente destacan ser mujer (Anbesaw y col., 2023; Heumann y col., 2024), antecedentes familiares (Ahmed y col., 2020), bajo rendimiento académico y consumo de sustancias (Ramón-Arbués y col., 2020). En particular, persiste la necesidad de comprender la manifestación de forma desagregada por sexo. Si bien, la mayoría de las funciones cerebrales no presentan dimorfismos claros (Salk y col., 2017; Jäncke, 2018), se han identificado divergencias consistentes en el procesamiento emocional. La evidencia sugiere que las mujeres tienden a responder con mayor intensidad ante estímulos negativos, mostrando una activación superior en la amígdala y en las redes neuronales asociadas a la afectividad (Grabowska, 2017; Bröcker y col., 2026).

A pesar de la relevancia del tema, existen limitaciones que restringen la generalización de los hallazgos, como el uso de diversos instrumentos, la escasez de información local y la necesidad de considerar factores metodológicos como el método de cribado (Gao y col., 2020; Heumann y col., 2024). La presente investigación buscó abordar estas brechas en el contexto de la Unidad Académica de Educación y Humanidades (UAEH) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México, entorno fundado en 2018 (UAN, 2023).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la prevalencia y severidad de sintomatología depresiva en estudiantes universitarios, así como analizar las diferencias de sexo e identificar y comparar los síntomas específicos (núcleo cognitivo y conductual) más reportados entre hombres y mujeres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y alcance

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo-correlacional e inferencial, a través de un diseño no experimental y de corte transversal. Se determinó la prevalencia de la sintomatología depresiva en la población de estudio y se caracterizaron los diferentes niveles de severidad (mínima, leve, moderada y grave). Se establecieron asociaciones entre los síntomas específicos (cognitivo-afectivos y somáticos-físicos) y la gravedad del trastorno, analizando adicionalmente la relación existente entre estas manifestaciones y la variable sexo.

Participantes

La muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia. El criterio de inclusión fue de alumnos de ambos sexos que estuvieran inscritos con matrícula vigente en alguno de los cinco programas educativos del área de educación y humanidades en las licenciaturas de Ciencias de la Educación (n = 492), Educación Infantil (n = 235), Lingüística Aplicada (n = 56), Filosofía (n = 41) y Educación Inicial y Gestión de Instituciones (n = 7); que accedieran a participar voluntariamente y respondieran completamente al instrumento. La muestra quedó constituida por 831 estudiantes, de los 850 inscritos en el periodo de estudio (UAN, 2023). La distribución por sexo evidenció una participación mayoritaria de mujeres (81 %) sobre hombres (19 %).

Instrumento

Para la evaluación de la sintomatología depresiva, se empleó el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II). Este instrumento se fundamenta en la teoría de las cogniciones negativas y permite identificar síntomas clave como la tristeza, la pérdida de interés, las dificultades de concentración y las alteraciones del sueño (OMS, s.f.; Wang y Gorenstein, 2013). Desde su creación en 1961, el BDI ha sido utilizado en más de 7 000 investigaciones; específicamente, la versión BDI-II cuenta con el respaldo de más de 2 000 estudios que demuestran una alta consistencia interna y una robusta capacidad para discriminar entre individuos con y sin diagnóstico clínico (Vega-Dienstmaier y col., 2014; Galindo-Vázquez y col., 2016; Vargas-Granda, 2021). El inventario

consta de 21 ítems con un formato de respuesta de opción múltiple (escala tipo Likert de 0 a 3 puntos), cuya puntuación total oscila entre 0 y 63 puntos. Los reactivos evalúan la presencia y severidad de los síntomas experimentados durante las últimas 2 semanas, manteniendo una alineación diagnóstica con los criterios del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales en sus versiones DSM-IV y DSM-V (Gebrie, 2018; Williams y col., 2021). Para la interpretación de los resultados, se emplearon los puntos de corte estandarizados: sintomatología depresiva mínima (0 a 13), leve (14 a 19), moderada (20 a 28) y grave (29 a 63) (Ahmadi y col., 2019). En términos de propiedades psicométricas, el BDI-II ha mostrado consistentemente una alta confiabilidad interna, con coeficientes alfa de Cronbach (α) situados entre 0.88 y 0.93 en diversas adaptaciones culturales, incluyendo versiones en español, portugués, chino, persa y árabe (García-Batista y col., 2018; do-Nascimento y col., 2023). En el contexto mexicano, investigaciones previas en adultos y cuidadores han confirmado la validez del instrumento mediante un modelo bifactorial (cognitivo-afectivo y somático-vegetativo), reportando niveles óptimos de fiabilidad y validez de constructo (Toledano-Toledano y Contreras-Valdez, 2018). Específicamente, la versión adaptada para la población mexicana ha reportado niveles de fiabilidad adecuados con un α = 0.87 (Rosas-Santiago y col., 2020).

Procedimiento

El BDI-II se digitalizó para optimizar su aplicación y facilitar el análisis de datos, utilizando Google Formularios. El enlace y contenido del formulario fue revisado y aprobado por los directivos (director, subdirector académico, subdirector administrativo y coordinadores de programas académicos) de la UAEH, de la UAN para asegurar su completa adecuación.

La administración del BDI-II a los estudiantes se realizó entre junio de 2022 y julio de 2023, periodo que abarca diversas etapas del calendario académico. Es importante considerar que la amplitud de este lapso podría influir en los niveles de sintomatología reportados, debido a factores cíclicos asociados a la carga académica (como periodos de exámenes finales o inicio de semestre) y variaciones estacionales, las cuales han sido documentadas como posibles moduladores del estado de ánimo (Garbazza y Benedetti, 2018; Majrashi y col., 2020; Zhang y Volkow, 2023). No obstante, dado que la recolección se mantuvo abierta de forma constante, se asume que las variaciones individuales se distribuyen de manera equitativa a lo largo del estudio, mitigando el impacto de sesgos temporales específicos. El formulario de Google contenía un aviso de privacidad que explicaba el uso y manejo de la información confidencial y sensible, e incluía la correspondiente solicitud de autorización para fines de investigación científica y la aclaración de que la participación era voluntaria. El protocolo se ajustó a los lineamientos éticos de investigación con seres humanos. El consentimiento informado se integró en la sección inicial del formulario digital; en dicho apartado, se detallaron los objetivos del estudio y el manejo confidencial de los datos. La aceptación se formalizó mediante una casilla de verificación obligatoria. Asimismo, se notificó a los participantes su derecho a la autonomía, permitiéndoles interrumpir su colaboración o solicitar el retiro de sus resultados en cualquier etapa del proceso mediante una solicitud verbal o vía correo electrónico.

Análisis de datos

Los datos recopilados de los 831 estudiantes se analizaron utilizando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences) versión 25.0.

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos, identificando desviaciones en la normalidad de las puntuaciones del BDI-II. Asimismo, mediante la prueba de Levene, se confirmó la ausencia de homocedasticidad (varianzas desiguales) entre los grupos. Ante este escenario, y considerando el tamaño de la muestra, se optó por aplicar la t de Welch como prueba de

contraste. Dicha elección se fundamenta en su robustez y potencia estadística superior frente a la t de Student y las pruebas no paramétricas cuando las varianzas son heterogéneas, permitiendo una comparación precisa de las medias sin los sesgos derivados del incumplimiento de supuestos clásicos (Montilla y Kromrey, 2010; Ortiz y Moreno, 2011; García-Álvarez y col., 2020; Molina-Arias y col., 2020).

El coeficiente de correlación de Spearman se utilizó para analizar las relaciones entre las subescalas, lo cual es adecuado en distribuciones no normales (Santabárbara, 2019; Apaza-Zúñiga y col., 2022).

RESULTADOS

La población de estudio se encontró en un rango amplio, desde los 17 hasta los 70 años, con una media general de 22.0 años (DE = 5.8). Por programa educativo, los participantes de Filosofía presentaron la mayor madurez cronológica (M_femenino = 25.4; M_Masculino = 27.2), mientras que la población de Educación Infantil se mantuvo como la más joven (M_femenino = 20.3) (Tabla 1). La sintomatología depresiva, clínicamente significativa, estuvo presente en el 38.5 % de los universitarios evaluados (Tabla 2), distribuida desde el nivel leve a grave. La categoría de severidad mínima fue la más frecuente (61.5 %), seguida de

Tabla 1. Distribución sociodemográfica y medidas de tendencia central por programa educativo (n = 831).
Table 1. Sociodemographic distribution and central tendency measures by educational program (n = 831).

Programa educativo	Sexo	n	Edad M (DE)	Rango de edad
Ciencias de la educación	Femenino	390	21.9 (5.4)	17 a 54
	Masculino	102	22.1 (5.2)	17 a 40
Educación infantil	Femenino	222	20.3 (3.1)	17 a 46
	Masculino	13	24.3 (10.3)	18 a 58
Lingüística aplicada	Femenino	34	20.7 (2.3)	18 a 26
	Masculino	22	21.0 (3.5)	17 a 29
Filosofía	Femenino	20	25.4 (10.9)	18 a 63
	Masculino	21	27.2 (14.6)	18 a 70
Educación inicial y gestión de instituciones	Femenino	7	25.0 (6.6)	19 a 35
	Masculino	0	-	-
Total	Ambos	831	22.0 (5.8)	17 a 70

Tabla 2. Prevalencia y niveles de severidad de la sintomatología depresiva en la población general y por sexo.
Table 2. Prevalence and severity levels of depressive symptomatology in the general population and by gender.

Nivel de sintomatología depresiva	Global		Mujeres		Hombres	
	N	%	N	%	N	%
Mínima	511	61.5	408	60.7	103	64.8
Leve	133	16.0	109	16.2	24	15.1
Moderada	110	13.2	93	13.8	17	10.7
Grave	77	9.3	62	9.2	15	9.4
Total	831	100.0	672	100.0	159	100.0

la sintomatología depresiva leve (16.0 %) y moderada (13.2 %).

En el análisis comparativo por sexo (Tabla 2), se encontró que, aunque la prevalencia de síntomas moderados fue ligeramente superior en mujeres (13.8 %) en comparación con los hombres (10.7 %), existió una paridad notable en el riesgo máximo. Específicamente, la proporción de estudiantes situados en el nivel de sintomatología depresiva grave fue prácticamente idéntica entre sexos, reportándose un 9.4 % en hombres y un 9.2 % en mujeres, lo cual indica que la vulnerabilidad hacia la cronicidad o severidad extrema de los síntomas no presentó diferencias significativas en esta muestra.

En el análisis comparativo mediante la prueba *t* de Welch (Tabla 3), no se encontraron diferencias significativas en el nivel total de sintomatología depresiva entre mujeres (M = 12.08; SD = 10.82) y hombres (M = 11.48; SD = 11.65), obteniendo un estadístico t = 0.36 y un valor P = 0.55. Ambos grupos se situaron, en promedio, dentro del rango de sintomatología depresiva mínima (0 a 13 puntos). No obstante, el análisis pormenorizado por reactivos reveló

Tabla 3. Resultados de análisis T de Welch.
Table 3. Welch's T-Test analysis results.

Items	Mujeres		Hombres		Estadístico	P Valor
	M	SD	M	SD		
Síntomas cognitivos-afectivos						
1. Tristeza	0.40	0.58	0.30	0.62	3.08	0.08
2. Pesimismo	0.35	0.62	0.40	0.66	0.54	0.46
3. Fracaso	0.38	0.72	0.48	0.80	2.41	0.12
4. Pérdida de placer	0.53	0.70	0.57	0.70	0.35	0.56
5. Sentimientos de culpa	0.58	0.69	0.58	0.65	< 0.001	1.00
6. Sentimientos de castigo	0.31	0.68	0.38	0.71	1.36	0.24
7. Disconformidad con uno mismo	0.56	0.84	0.57	0.87	0.04	0.84
8. Autocrítica	0.72	0.89	0.82	0.91	1.59	0.21
9. Pensamientos o deseos suicidas	0.32	0.55	0.33	0.65	0.09	0.77
10. Llanto	0.81	0.99	0.52	0.98	11.12	< 0.001
11. Agitación	0.48	0.72	0.43	0.69	0.84	0.36
12. Pérdida de interés	0.61	0.74	0.66	0.78	0.65	0.42
13. Indecisión	0.78	0.98	0.60	0.88	5.29	0.02
14. Desvalorización	0.50	0.79	0.43	0.72	1.16	0.28
Síntomas somáticos-vegetativos						
15. Pérdida de energía	0.79	0.78	0.77	0.79	0.10	0.76
16. Cambios en los hábitos de sueño	0.86	0.84	1.00	0.89	3.16	0.08
17. Irritabilidad	0.48	0.72	0.35	0.67	4.79	0.03
18. Cambios en el apetito	0.81	0.91	0.62	0.79	6.42	0.01
19. Dificultad de concentración	0.90	0.86	0.80	0.85	1.68	0.20
20. Cansancio o fatiga	0.56	0.65	0.47	0.63	2.70	0.10
21. Pérdida de interés en el sexo	0.38	0.77	0.41	0.72	0.19	0.67
Nivel de sintomatología depresiva	12.08	10.82	11.48	11.65	0.36	0.55

disparidades críticas en la manifestación de la sintomatología según el sexo.

Síntomas cognitivos-afectivos destacados

En esta dimensión, las diferencias más marcadas se observaron en la expresión emocional y los procesos de toma de decisiones (Tabla 3). El llanto fue el ítem con mayor diferencia significativa ($t = 11.12$; $P \leq 0.001$). Las mujeres presentaron una media notablemente superior ($M = 0.81$) en comparación con los hombres ($M = 0.52$). Respecto a la indecisión, las mujeres reportaron mayor nivel de dificultad para tomar decisiones ($M = 0.78$) frente a los hombres ($M = 0.60$), con una significancia estadística clara ($t = 5.29$; $P = 0.02$). Aunque el síntoma de tristeza no alcanzó el umbral de significancia convencional ($P = 0.08$), mostró una tendencia superior en mujeres ($M = 0.40$) que podría ameritar observación clínica.

Síntomas somáticos-vegetativos destacados

La dimensión física del trastorno reportó variaciones importantes en ambos sexos (Tabla 3). Se observó una diferencia significativa ($t = 6.42$; $P \leq 0.01$) en los cambios en el apetito, donde las mujeres reportaron mayor alteración ($M = 0.81$) que los hombres ($M = 0.62$). Asimismo, las mujeres puntuaron significativamente ($P = 0.03$) mayor nivel de irritabilidad ($M = 0.48$) que los varones ($M = 0.35$). En contraste, se observó una tendencia inversa en los hábitos de sueño, donde los hombres presentaron una media de alteración ligeramente superior ($M = 1.00$) a la de las mujeres ($M = 0.86$); no obstante, esta diferencia no alcanzó el umbral de significancia estadística establecido ($P = 0.08$).

Los coeficientes de correlación de Spearman indicaron que, en la población femenina, el nivel total de sintomatología depresiva se vinculó de manera significativa con cada uno los síntomas evaluados (Tabla 4). De acuerdo con los criterios de interpretación de Mondragón-Barrera (2014) (ejemplo, en correlaciones positivas: 0.11 a 0.50 correlación media, 0.51 a 0.75 considerable y de 0.76 a 0.90 muy fuerte), se identificó una correlación positiva muy fuerte con la dificultad de concentración ($rs = 0.76$, $P \leq 0.01$). Asimismo, se registraron correlaciones positivas considerables con la indecisión ($rs = 0.75$, $P \leq 0.01$) y la pérdida de energía ($rs = 0.75$, $P \leq 0.01$).

El nivel total de sintomatología depresiva también tuvo una correlación positiva considerable con la autocrítica ($rs = 0.74$, $P \leq 0.01$), pérdida de interés, cambios en hábitos de sueño y cambios en el apetito (las tres con un $rs = 0.71$, $P \leq 0.01$). Bajo este mismo grado de relación considerable, se situó la asociación entre la pérdida de energía con el cansancio o fatiga ($rs = 0.62$, $P \leq 0.01$) y con dificultad de concentración ($rs = 0.60$, $P \leq 0.01$), así como desvalorización con autocrítica ($rs = 0.59$) y con disconformidad con uno mismo ($rs = 0.58$).

En la muestra masculina, los resultados revelaron que la gravedad del cuadro depresivo está vinculada a una jerarquía de asociaciones específicas (Tabla 5), vinculándose de manera significativa el nivel total de sintomatología depresiva con cada uno los síntomas evaluados. De acuerdo con los criterios de interpretación de Mondragón-Barrera (2014), el nivel total de sintomatología depresiva presentó una correlación positiva ($P \leq 0.01$) muy fuerte con la pérdida de energía ($rs = 0.83$) disconformidad con uno mismo ($rs = 0.77$), los cambios en los hábitos de sueño ($rs = 0.76$) y la pérdida de placer o anhedonia ($rs| = 0.76$).

Al analizar los coeficientes de determinación (r^2), la pérdida de energía sobresale como el eje sintomático con mayor peso relativo (en hombres y mujeres), aportando un valor clínico diferenciado que trasciende la simple validación de los reactivos del instrumento.

DISCUSIÓN

La prevalencia identificada de sintomatología depresiva clínicamente significativa (38.5 %) reveló una vulnerabilidad psicológica sustancial en la población universitaria estudiada (Tabla 2). Este hallazgo supera el promedio reportado en metaanálisis previos del 30.6 % (Contreras-Valdez y col., 2015; Andrés y col., 2017), y trasciende las tasas documentadas en contextos europeos y asiáticos (Lei y col., 2016;

Tabla 4. Correlaciones de Spearman (mujeres).
Table 4. Spearman's Correlations (women).

Ítem	Síntomas cognitivos-afectivos														Síntomas somáticos-vegetativos							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1.00																					
2	0.41**	1.00																				
3	0.48**	0.44**	1.00																			
4	0.52**	0.42**	0.43**	1.00																		
5	0.46**	0.37**	0.47**	0.48**	1.00																	
6	0.39**	0.33**	0.45**	0.36**	0.43**	1.00																
7	0.50**	0.43**	0.49**	0.51**	0.42**	0.39**	1.00															
8	0.46**	0.39**	0.50**	0.52**	0.49**	0.42**	0.57**	1.00														
9	0.48**	0.32**	0.41**	0.42**	0.36**	0.35**	0.41**	0.45**	1.00													
10	0.50**	0.32**	0.39**	0.42**	0.42**	0.34**	0.42**	0.46**	0.46**	1.00												
11	0.46**	0.41**	0.43**	0.47**	0.45**	0.37**	0.43**	0.52**	0.46**	0.46*	1.00											
12	0.46**	0.42**	0.38**	0.52**	0.41**	0.34**	0.48**	0.49**	0.42**	0.43**	0.44**	1.00										
13	0.44**	0.38**	0.47**	0.50**	0.46**	0.42**	0.52**	0.55**	0.44**	0.45**	0.50**	0.54**	1.00									
14	0.47**	0.45**	0.54**	0.52**	0.45**	0.43**	0.58**	0.59**	0.47**	0.49**	0.53**	0.45**	0.55**	1.00								
15	0.47**	0.39**	0.42**	0.51**	0.45**	0.36**	0.51**	0.54**	0.41**	0.45**	0.49**	0.55**	0.52**	0.47**	1.00							
16	0.43**	0.32**	0.37**	0.45**	0.43**	0.34**	0.42**	0.46**	0.40**	0.47**	0.42**	0.49**	0.49**	0.45**	0.55**	1.00						
17	0.41**	0.35**	0.37**	0.45**	0.42**	0.43**	0.41**	0.50**	0.35**	0.42**	0.50**	0.48**	0.48**	0.42**	0.51**	0.44**	1.00					
18	0.45**	0.33**	0.38**	0.46**	0.40**	0.30**	0.46**	0.48**	0.44**	0.50**	0.47**	0.48**	0.48**	0.47**	0.52**	0.57**	0.43**	1.00				
19	0.43**	0.38**	0.38**	0.47**	0.46**	0.34**	0.49**	0.49**	0.39**	0.45**	0.49**	0.54**	0.57**	0.48**	0.60**	0.54**	0.46**	0.53**	1.00			
20	0.46**	0.37**	0.39**	0.42**	0.40**	0.34**	0.47**	0.49**	0.40**	0.40**	0.50**	0.49**	0.48**	0.46**	0.62**	0.50**	0.48**	0.52**	0.55**	1.00		
21	0.22**	0.22**	0.18**	0.29**	0.24**	0.20**	0.17**	0.21**	0.27**	0.17**	0.30**	0.31**	0.24**	0.28**	0.25**	0.23**	0.24**	0.25**	0.31**	0.30**	1.00	
22	0.66**	0.54**	0.61**	0.68**	0.65**	0.53**	0.67**	0.74**	0.61**	0.68**	0.68**	0.71**	0.75**	0.70**	0.75**	0.71**	0.64**	0.71**	0.76**	0.71**	0.40**	1.00

*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral). **La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).
Nota: 1. Tristeza, 2. Pesimismo, 3. Sentimientos de fracaso, 4. Pérdida de placer, 5. Sentimientos de culpa, 6. Sentimientos de castigo, 7. Disconformidad con uno mismo, 8. Autocrítica, 9. Pensamientos o deseos suicidas, 10. Llanto, 11. Agitación, 12. Pérdida de interés, 13. Indecisión, 14. Desvalorización, 15. Pérdida de energía, 16. Cambios en los hábitos de sueño, 17. Irritabilidad, 18. Cambios en el apetito, 19. Dificultad de concentración, 20. Cansancio o fatiga, 21. Pérdida de interés en el sexo, 22. Nivel de sintomatología depresiva.

https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2064

Tabla 5. Correlaciones de Spearman (hombres).
Table 5. Spearman's correlations (men).

Ítem	Síntomas cognitivos-afectivos														Síntomas somáticos-vegetativos							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1.00																					
2	0.47**	1.00																				
3	0.60**	0.57**	1.00																			
4	0.60**	0.45**	0.61**	1.00																		
5	0.53**	0.47**	0.62**	0.63**	1.00																	
6	0.60**	0.42**	0.47**	0.43**	0.53**	1.00																
7	0.62**	0.49**	0.66**	0.59**	0.64**	0.57**	1.00															
8	0.50**	0.50**	0.49**	0.56**	0.61**	0.50**	0.70**	1.00														
9	0.52**	0.48**	0.50**	0.39**	0.50**	0.45**	0.48**	0.53**	1.00													
10	0.50**	0.39**	0.50**	0.37**	0.47**	0.47**	0.50**	0.50**	0.63**	1.00												
11	0.54**	0.54**	0.59**	0.50**	0.52**	0.42**	0.58**	0.52**	0.51**	0.58**	1.00											
12	0.48**	0.42**	0.52**	0.64**	0.47**	0.50**	0.45**	0.49**	0.46**	0.39**	0.49**	1.00										
13	0.57**	0.42**	0.57**	0.51**	0.57**	0.56**	0.60**	0.48**	0.35**	0.34**	0.51**	0.43**	1.00									
14	0.57**	0.49**	0.63**	0.57**	0.52**	0.49**	0.62**	0.48**	0.43**	0.53**	0.46**	0.50**	0.49**	1.00								
15	0.53**	0.55**	0.59**	0.67**	0.55**	0.48**	0.65**	0.54**	0.49**	0.49**	0.62**	0.62**	0.62**	0.59**	1.00							
16	0.44**	0.47**	0.51**	0.51**	0.48**	0.42**	0.55**	0.46**	0.41**	0.37**	0.55**	0.50**	0.56**	0.45**	0.63**	1.00						
17	0.46**	0.47**	0.47**	0.40**	0.39**	0.45**	0.50**	0.45**	0.46**	0.37**	0.52**	0.45**	0.42**	0.49**	0.53**	0.44**	1.00					
18	0.41**	0.44**	0.44**	0.51**	0.42**	0.37**	0.44**	0.44**	0.32**	0.35**	0.47**	0.43**	0.45**	0.46**	0.58**	0.54**	0.36**	1.00				
19	0.51**	0.49**	0.53**	0.52**	0.44**	0.42**	0.48**	0.59**	0.46**	0.40**	0.53**	0.55**	0.51**	0.50**	0.61**	0.50**	0.55**	0.52**	1.00			
20	0.51**	0.52**	0.49**	0.56**	0.51**	0.45**	0.49**	0.49**	0.49**	0.39**	0.58**	0.51**	0.55**	0.38**	0.69**	0.53**	0.56**	0.59**	0.54**	1.00		
21	0.47**	0.37**	0.54**	0.49**	0.41**	0.35**	0.51**	0.43**	0.42**	0.41**	0.43**	0.36**	0.40**	0.42**	0.48**	0.44**	0.33**	0.48**	0.46**	0.48**	1.00	
22	0.65**	0.65**	0.73**	0.76**	0.74**	0.62**	0.77**	0.75**	0.63**	0.67**	0.70**	0.70**	0.71**	0.68**	0.83**	0.76**	0.61**	0.66**	0.74**	0.71**	0.62**	1.00

*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral). **La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).
1. Tristeza, 2. Pesimismo, 3. Sentimientos de fracaso, 4. Pérdida de placer, 5. Sentimientos de culpa, 6. Sentimientos de castigo, 7. Disconformidad con uno mismo, 8. Autocrítica, 9. Pensamientos o deseos suicidas, 10. Llanto, 11. Agitación, 12. Pérdida de interés, 13. Indecisión, 14. Desvalorización, 15. Pérdida de energía, 16. Cambios en los hábitos de sueño, 17. Irritabilidad, 18. Cambios en el apetito, 19. Dificultad de concentración, 20. Cansancio o fatiga, 21. Pérdida de interés en el sexo, 22. Nivel de sintomatología depresiva.

Heumann y col., 2024), así como en estudios africanos donde la variabilidad ha sido notable (Ahmed y col., 2020; Hambisa y col., 2020; Anbesaw y col., 2023).

La magnitud del riesgo detectado, donde el 22.5 % de los participantes requiere atención inmediata (niveles moderados a grave: Tabla 2), sitúa a esta muestra en un escenario de tensión comparable a regiones de alta incidencia en entorno académico como Pakistán (Khan y col., 2021) a las regiones de alta incidencia durante el periodo de pandemia de COVID-19 de China, Emiratos Árabes Unidos y Francia (Deng y col., 2021). Bajo el modelo ecológico de salud mental, el bienestar psicológico no se entiende como un evento aislado, sino como el resultado de la interacción dinámica entre factores personales, como el estrés académico y antecedentes de salud, el apoyo interpersonal, las condiciones institucionales y barreras sociales estructurales, tales como el estigma y las desigualdades socioeconómicas (Segú-Odriozola, 2025). La sintomatología depresiva en estudiantes universitarios es un fenómeno de alta complejidad, influenciado por múltiples factores individuales, familiares, institucionales y comunitarios. El EDM no solo afecta el rendimiento académico, sino que incrementa el riesgo de deserción e incluso ideación suicida (Ahmed y col., 2020; Flesch y col., 2020; Heumann y col., 2024). El suicidio representa la tercera causa de muerte en el grupo etario de 15 a 29 años (OMS, s.f.), por lo que debe cuidarse la salud mental de esta población. Debido a la complejidad de dicho fenómeno se recomienda observar la existencia de aspectos depresivos en los estudiantes y procurar atención urgente de parte del entorno familiar e institucional educativo y de gobierno para jóvenes con cuadros de EDM.

La convergencia de datos subraya que el entorno universitario constituye un periodo de riesgo específico que se distancia de la población general (Anbesaw y col., 2023). La proximidad de las cifras con el 41 % hallado en Perú (Mejía y col., 2022) refuerza la necesidad de implementar programas de cribado y detección temprana como estrategias prioritarias de salud pública universitaria (Ahmed y col., 2020). Por su parte, la tasa de sintomatología depresiva leve en este estudio (16.0 %) (Tabla 2) se sitúa en una línea comparable, aunque más conservadora, frente al 32.4 % reportado por Castellanos-Páez y col. (2016).

Al desglosar esta vulnerabilidad por sexo, se identificó un porcentaje mayor de mujeres con sintomatología depresiva moderada (13.8 %) en comparación con los hombres (10.7 %), tendencia confirmada por múltiples autores (Serrano-Barquín y col., 2015; Silva-Jara y col., 2021; Aveiro-Róbalo y col., 2023) y que suele atribuirse a la interacción de factores biológicos y a la mayor carga psicosocial femenina (Arrivillaga-Quintero y col., 2004). No obstante, el hallazgo de una paridad en el rango de sintomatología depresiva grave (9.4 % varones vs. 9.2 % mujeres) es consistente con lo reportado por Soria y col. (2015) y fundamenta la necesidad de realizar un análisis de desagregación sintomática (Bastida-González y col., 2017).

Los resultados del presente estudio corroboran lo reportado por Barrera-Herrera y col. (2019) y Ruvalcaba-Pedroza y col. (2021) respecto a las diferencias fenomenológicas de la depresión según el sexo. En la población femenina, la sintomatología depresiva presentó una fuerte tendencia hacia la internalización y deterioro cognitivo-afectivo principalmente (Tabla 4), organizándose en torno a la tríada de dificultad de concentración (rs = 0.76), indecisión (rs = 0.75) y pérdida de energía (rs = 0.75). Estas asociaciones representan una fuerza "muy fuerte" y "considerable" según la escala de Mondragón-Barrera (2014), evidenciando un patrón donde el agotamiento vital se retroalimenta con una estructura de pensamiento autocrítico persistente (González-Medina y col., 2020); lo que coincide con los hombres evaluados en el presente trabajo, quienes obtuvieron una correlación considerable (rs = 74) con la autocrítica. Es notable que la correlación con el llanto (rs = 0.68) supera la del fracaso (rs =0.61), respaldando la hipótesis de que la sintomatología depresiva fe-

menina es más internalizada. Debido a que la sintomatología depresiva moderada afecta más a mujeres que a hombres (1.5 veces más alta en mujeres que en hombres), existe mayor vulnerabilidad ante el factor de riesgo del suicidio (OMS, s.f.).

En contraste, la experiencia masculina se encontró traccionada por ambos componentes y la externalización (Tabla 5). La pérdida de energía (rs = 0.83), la disconformidad con uno mismo (rs = 0.77) cambios en los hábitos de sueño (rs = 0.76) y el placer o la anhedonia (rs = 0.76) emergen como ejes centrales. Estos hallazgos sugieren que, a diferencia de las mujeres, la severidad depresiva en los hombres se manifiesta prioritariamente a través de un deterioro en el funcionamiento vital y afectivo. Es notable que los sentimientos de fracaso (rs = 0.73), pertenecientes a los síntomas cognitivos-afectivos, emergen como un indicador clínico en este grupo, asociado estrechamente a las presiones por el rendimiento académico. Además, destaca que el fracaso supere a la tristeza (rs = 0.65) como factor central en hombres, respaldando la hipótesis de que la sintomatología depresiva masculina se vincula a presiones de rendimiento y éxito (Prada-Núñez y col., 2021). Finalmente, la correlación significativa con la agitación (rs = 0.70) e irritabilidad (rs = 0.61) sugiere que la angustia en el hombre tiende a canalizarse a través de la externalización conductual (Matud y col., 2006; Castillo-Acobo y Luque-Ruiz, 2019).

Si bien, no existieron diferencias significativas en el puntaje global de sintomatología depresiva entre ambos sexos, se observaron diferencias estadísticas en síntomas específicos, donde las mujeres alcanzaron mayores valores como el llanto, cambios en el apetito ($P \leq 0.01$), la indecisión y la irritabilidad ($P \leq 0.05$); mientras que en los varones se observaron valores superiores en los cambios en los hábitos de sueño, pero sin diferencia estadística significativa ($P = 0.08$). Sin embargo, estos resultados deben ser considerados con cautela por las limitaciones del estudio, que incluyen el abarcar periodos académicos distintos, variaciones estacionales y una muestra bastante heterogénea con respecto al sexo, además del posible sesgo que se pudo inducir por la autoselección de los participantes. También, que pese a que el cuestionario utilizado ha sido validado en población mexicana, no se corroboró para esta muestra en particular; por lo que futuras investigaciones podrían beneficiarse de un diseño longitudinal o segmentado por periodos académicos para aislar estas variables de confusión, así como un balance representativo por sexo.

CONCLUSIONES

Los estudiantes universitarios mostraron una elevada prevalencia de sintomatología depresiva clínicamente significativa (38.5 %), lo que subraya la condición de este grupo como población de alto riesgo que podría verse beneficiada con la implementación urgente de programas de cribado. El análisis de síntomas reveló patrones de manifestación diferenciados por sexo, donde las mujeres tienden a la internalización (autocrítica, llanto) y los hombres a la externalización (agitación, irritabilidad) con un fuerte anclaje en la presión por el éxito, lo cual fundamenta la necesidad de diseñar intervenciones psicológicas sensibles al sexo que aborden estas distintas estructuras sindrómicas. Por otro lado, el hallazgo de una paridad en el riesgo de sintomatología depresiva grave (9.4 % en hombres vs. 9.2 % en mujeres), aunque con un tamaño de muestra diferenciado en el presente estudio, sugiere un desafío de la noción de una mayor vulnerabilidad femenina absoluta en la severidad máxima, haciendo necesario determinar si la prioridad clínica y las estrategias de intervención deben ser equiparables. La prevalencia de sintomatología depresiva reportada confirma que la población universitaria evaluada atraviesa un estado de riesgo clínico, lo que demanda intervenciones institucionales urgentes y atención familiar para detectar los síntomas.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Ahmadi, S. M., Masjedi-Arani, A., Bakhtiari, M., Davazdah-Emamy, M. H., & Mohamadian, R. (2019). Psychometric properties of Persian version of Beck Depression Inventory in coronary patients. *Universa Medicina*, 38(1), 33-40. http://dx.doi.org/10.18051/UnivMed.2019.v38.33-40

Ahmed, G., Negash, A., Kerebih, H., Alemu, D., & Tesfaye, Y. (2020). Prevalence and associated factors of depression among Jimma University students: A cross-sectional study. *International Journal of Mental Health Systems*, 14(1), 52. https://doi.org/10.1186/s13033-020-00384-5

Anbesaw, T., Zenebe, Y., Necho, M., Gebresellassie, M., Segon, T., Kebede, F., & Bete, T. (2023). Prevalence of depression among students at Ethiopian universities and associated factors: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 18(10), e0288597. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288597

Andrés, L., Rodríguez-Espínola, S. y Rodríguez-Cáceres, M. (2017). Estrategias cognitivas de regulación emocional y síntomas de depresión en estudiantes universitarios: diferencias por género y tipo de carrera. Resultados preliminares. *Revista Akadèmeia*, 16(1), 113-130. https://doi.org/10.61144/0718-9397.2017.147

Apaza-Zúñiga, E., Cazorla-Chambi, S., Condori-Carbajal, C., Arpasi-Meléndez, F. R., Tumi-Figueroa, I., Yana-Viveros, W. y Quispe-Coaquira, J. E. (2022). La correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(3). https://doi.org/10.15381/rivep.v33i3.22908

Arrivillaga-Quintero, M., Cortés-Garcia, C., Goicochea-Jiménez, V. L. y Lozano Ortiz, T. M. (2004). Caracterización de la depresión en jóvenes universitarios. *Universitas Psychologica*, 3(1), 17-26. https://www.redalyc.org/pdf/647/64730103.pdf

Aveiro-Róbalo, T. R., Garlisi-Torales, L. D., Nati-Castillo, H. A., Valeriano-Paucar, J. R., García-Arévalo, C. M., Ayala-Servín, J. N., Flores-Enriquez, J. F., Rios, C. y Rodriguez-Morales, A. J. (2023). Ansiedad y depresión en estudiantes de medicina de Latinoamérica durante la pandemia del COVID-19. *Revista Salud Pública del Paraguay*, 13(1), 40-45. https://doi.org/10.18004/rspp.2023.abril.06

Barrera-Herrera, A., Neira-Cofré, M., Raipán-Gómez, P., Riquelme-Lobos, P. y Escobar, B. (2019). Apoyo social percibido y factores sociodemográficos en relación con los síntomas de ansiedad, depresión y estrés en universitarios chilenos. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 24(2), 105-115. https://doi.org/10.5944/rppc.23676

Bastida-González, R., Valdez-Medina, J. L., Valor-Segura, I., González-Arratia-López Fuentes, N. I. y Rivera-Aragón, S. (2017). Satisfacción marital y estado civil como factores protectores de la depresión y ansiedad. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, XXVI(1), 95-102. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281950399009

Bröcker, A. L., Sauter, H., von-Haebler, D., Montag, C., & Just, S. A. (2026). Gender differences in social cognition and their association with functioning in individuals with non-affective psychosis. *Journal of Clinical Psychology*, 82(1), 161-168. https://doi.org/10.1002/jclp.70052

Castellanos-Páez, V., Mateus-Gómez, S. M., Cáceres-Durán, I. R. y Díaz-Vargas, P. A. (2016). Caracterización de la depresión en estudiantes universitarios. *Revista Salud, Historia y Sanidad*, 11(1), 37-50. https://agenf.org/ojs/index.php/shs/article/view/200

Castillo-Acobo, R. Y. y Luque-Ruiz-de-Somocurcio, A. (2019). Género y conductas ansiosas en estudiantes universitarios. Diversitas: *Perspectivas en Psicología*, 15(1), 1-11. https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2019.0015.03

Contreras-Valdez, J. A., Hernández-Guzmán, L. y Freyre, M. Á. (2015). Validez de constructo del Inventario de Depresión de Beck II para adolescentes. *Terapia Psicológica*, 33(3), 195-203. http://dx.doi.org/10.4067/S071848082015000300004

Deng, J., Zhou, F., Hou, W., Silver, Z., Wong, C. Y., Chang, O., Drakos, A., Zuo, Q. K., & Huang, E. (2021). The prevalence of depressive symptoms, anxiety symptoms and sleep distur-

bance in higher education students during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Research*, 301, 113863. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.113863

Do-Nascimento, R. L. F., Fajardo-Bullón, F., Santos, E., Landeira-Fernandez, J., & Anunciação, L. (2023). Psychometric properties and cross-cultural invariance of the Beck Depression Inventory-II and Beck Anxiety Inventory among a representative sample of Spanish, Portuguese, and Brazilian undergraduate students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(11), Article 6009. https://doi.org/10.3390/ijerph20116009

Flesch, B. D., Houvèssou, G. M., Munhoz, T. N., Neuenfeld, T., & Fassa, A. (2020). Major depressive episode among university students in Southern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 54, 11. https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054001550

Gao, L., Xie, Y., Jia, C., & Wang, W. (2020). Prevalence of depression among Chinese university students: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 15897. https://doi.org/10.1038/s41598-020-72998-1

Galindo-Vázquez, Ó., Rojas-Castillo, E., Meneses-García, A., Aguilar-Ponce, J. L., y Alvarado-Aguilar, S. (2016). Propiedades psicométricas del Inventario de Depresión de Beck II en pacientes con cáncer. *Psicología y Salud*, 26(1), 43-49. https://psicologiaysalud.uv.mx/index.php/psicysalud/article/view/1897

Garbazza, C. & Benedetti, F. (2018). Genetic factors affecting seasonality, mood, and the circadian clock. *Frontiers in Endocrinology*, 9, 481. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00481

García-Álvarez, D., Hernández-Lalinde, J., Espinosa-Castro, J. F. y Soler, M. J. (2020). Salud mental en la adolescencia montevideana: una mirada desde el bienestar psicológico. *Revista AVTF* https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_2_2020/7_salud_mental.pdf

García-Batista, Z. E., Guerra-Peña, K., Cano-Vindel, A., Cantisano-Guzmán, L. M., Flores-Kanter, P. E. y Medrano, L. A. (2019). Medición de la comorbilidad depresiva en drogodependientes: Validez y eficacia diagnóstica del Inventario de Depresión de Beck (BDI-II) en dominicanos con múltiple consumo de sustancias. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 24(3), 163-171. https://doi.org/10.5944/rppc.24111

García-Batista, Z. E., Guerra-Peña, K., Cano-Vindel, A., Herrera-Martínez, S. X., & Medrano, L. A. (2018). Validity and reliability of the Beck Depression Inventory (BDI-II) in general and hospital population of Dominican Republic. *PLOS One*, 13(6), e0199750. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199750

Gebrie, M. H. (2018). An analysis of Beck Depression Inventory 2nd Edition (BDI-II). *Global Journal of Endocrinological Metabolism*, 2(3), 1-4. https://doi.org/10.31031/GJEM.2018.02.000539

Grabowska, A. (2017). Sex on the brain: Are gender-dependent structural and functional differences associated with behavior? *Journal of Neuroscience Research*, 95(1-2), 200-212. https://doi.org/10.1002/jnr.23953

González-Medina, G., Letelier-Fuentes, N. E. y Aguirre-Iduya, D. (2020). Un enfoque social sobre las diferencias de género en depresión en trabajadores: la importancia del conflicto trabajo-familia. *Revista de Psicología*, 29 (2), 1-11. http://dx.doi.org/10.5354/0719-0581.2020.55335

Hambisa, M. T., Derese, A., & Abdeta, T. (2020). Depressive symptoms among Haramaya University students in Ethiopia: A cross-sectional study. *Depression Research and Treatment*, (1), 5027918. https://doi.org/10.1155/2020/5027918

Heumann, E., Palacio-Siebe, A. V., Stock, C., & Heinrichs, K. (2024). Depressive symptoms among higher education students in Germany—A systematic review and meta-analysis. *Public Health Reviews*, 45, 1606983. https://doi.org/10.3389/phrs.2024.1606983

Jäncke, L. (2018). Sex/gender differences in cognition, neurophysiology, and neuroanatomy. *F1000 Research*, 7(805). https://doi.org/10.12688/f1000research.13917.1

Khan, M. N., Akhtar, P., Ijaz, S., & Waqas, A. (2021). Prevalence of depressive symptoms among university students in Pakistan: A systema-

tic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 8, 603357. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.603357

Lei, X. Y., Xiao, L. M., Liu, Y. N., & Li, Y. M. (2016). Prevalence of depression among Chinese university students: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 11(4), e0153454. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153454

Majrashi, N. A., Ahearn, T. S., & Waiter, G. D. (2020). Brainstem volume mediates seasonal variation in depressive symptoms: A cross sectional study in the UK Biobank cohort. *Scientific Reports*, 10, 3592. https://doi.org/10.1038/s41598-020-60620-3

Matud, M. P., Guerrero, K. y Matías, R. G. (2006). Relevancia de las variables sociodemográficas en las diferencias de género en depresión. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6(1), 7-21. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33760101

Mejía, C. R., Ccasa-Valero, L., Quispe-Sancho, A., Charri, J. C., Benites-Ibarra, C. A., Flores-Lovon, K., Vásquez-Ascate, J., Morocho-Alburqueque, N., Fernández, D. N. J., & Gómez-Mamani, Y. (2022). Prevalence of and associations between anxiety, depression, and stress among Peruvian university students during the covid-19 pandemic. *Revista Ciencias de la Salud*, 20(3), 1-14. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10717

Mondragón-Barrera, M. A. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento Científico*, 8(1), 98-104. https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.08111

Molina-Arias, M., Ochoa-Sangrador, C. y Ortega-Páez, E. (2020). Comparación de dos medias. Pruebas de la t de Student. *Evidencias en Pediatría*, 16(4), 16-51.

Montilla, J. M. y Kromrey, J. (2010). Robustez de las pruebas T en comparación de medias, ante violación de supuestos de normalidad y homocedasticidad. *Ciencia e Ingeniería*, 31(2), 101-107. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550788006

Navarro-Loli, J. S. y Moscoso, M. (2017). La investigación de la depresión en adolescentes en el Perú: una revisión sistemática. *Liberabit*, 23(1), 57-74. https://doi.org/10.24265/liberabit.2017.v23n1.04

OMS, Organización Mundial de la Salud (s.f.) Salud mental en el trabajo. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-at-work?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwr7ayBhAPEiwA6EIGxF5vidVIlQNLEBYj8LwdNs8dCmRPjFaF0ZXKlFBxwxcou5G8DhfkDBoCkREQAvD_BwE. Fecha de consulta: 7 de junio de 2025.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2023). Depresión. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression. Fecha de consulta: 11 de mayo de 2026.

Ortiz, J. E. y Moreno, E. C. (2011). ¿Se necesita la prueba t de Student para dos muestras independientes asumiendo varianzas iguales? *Comunicaciones en Estadística*, 4(2), 139-157.

Prada-Núñez, R., Gamboa-Suárez, A. A. y Hernández-Suárez, C. A. (2021). Efectos depresivos del aislamiento preventivo obligatorio asociados a la pandemia del Covid-19 en docentes y estudiantes de una universidad pública en Colombia. *Psicogente*, 24(45), 1-20. https://doi.org/10.17081/psico.24.45.4156

Ramón-Arbués, E., Gea-Caballero, V., Granada-López, J. M., Juárez-Vela, R., Pellicer-García, B., & Antón-Solanas, I. (2020). The prevalence of depression, anxiety and stress and their associated factors in college students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7001. https://doi.org/10.3390/ijerph17197001

Rosas-Santiago, F. J., Rodríguez-Perez, V., Hernández-Aguilera, R. D. y Lagunes-Córdoba, R. (2020). Estructura factorial de la versión mexicana del Inventario de Depresión de Beck II en población general del sureste mexicano. *Salud Uninorte*, 36(2), 434-453. https://doi.org/10.14482/sun.36.2.616.85

Ruvalcaba-Pedroza, K. A., González-Ramírez, L. P. y Jiménez-Ávila, J. M. (2021). Depresión y ansiedad en estudiantes de Medicina durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19. *Investigación en Educación Médica*, 10(39), 52-59. https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.39.21342

Salk, R. H., Hyde, J. S., & Abramson, L. Y. (2017). Gen-

der differences in depression in representative national samples: Meta-analyses of diagnoses and symptoms. *Psychological Bulletin*, 143(8), 783-822. https://doi.org/10.1037/bul0000102

Sánchez-Villena, A. y Farfán, E. (2019). Análisis Factorial Exploratorio del Inventario de Depresión de Beck (BDI-II) en Universitarios Cajamarquinos. *Interacciones*, 5(3), e177. https://doi.org/10.24016/2019.v5n3.177

Santabárbara, J. (2019). Cálculo del intervalo de confianza para los coeficientes de correlación mediante sintaxis en SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació,* 12(2), 1-14. https://doi.org/10.1344/reire2019.12.228245

Segú-Odriozola, M. (2025). The mental health of university students: A social ecology perspective. *Societies*, 15(4), 110. https://doi.org/10.3390/soc15040110

Serrano-Barquín, C., Rojas-García, A. y Ruggero, C. (2013). Depresión, ansiedad y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Revista Intercontinental de Psicología Y Educación*, 15(1), 47-60. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80225697004

Serrano-Barquín, C., Rojas-García, A., Ruggero, C. y López-Arriaga, M. (2015). Depresión y ansiedad desde los estudios de género en estudiantes. *Revista de Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de México,* 4(8), 99-114. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/103682722/Depresi_C3_B3n_20y_20ansiedad_20desde_20los_20estudios_20de_20g_C3_A9nero-libre.pdf?1687534762=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDepresion_y_ansiedad_desde_los_estudios.pdf&Expires=1759870638&Signature=Wa0hyjrz00jL9RSKPPmLy5EDU0jnrWEgEUa~lJDKegyCo9m3Yocgrg0Nu3SpTK8T~g2c~nzx8xRqcSZVlTZQFxvmA8MFkD8qqcLWQ-MKExa7yAEyz1HpMQ13Olr4H9LKTMxtAo88iqavBHN0qctxozLqvWqGSC1Qx-K3jP5E0NBB3QehFTEINMYy5ycjVkmNDtZBGRbUtrrxVvR4eRJXhxXTNOZoqpeTIcUCIO59w8xWnAxCLk8vPiBfRTuvVlk4fWY0z1MiM~S1VBAb~WEhQrJMTN2c6QNfv4LbQ4J5tnXmvrLID5M5ug6GmK9mTUSQcY23LR9coG4UW-ZDW-sWGQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Silva-Jara, C., Sosa-Ruiz, M. B., Pérez-Méndez, J. D. y Samudio, M. (2021). Frecuencia y factores de riesgo de ansiedad y depresión en internos de medicina durante la pandemia de la COVID-19 en dos universidades privadas del Paraguay. *Revista Científica en Ciencias Sociales*, 3(2), 9-19. https://doi.org/10.53732/rccsociales/03.02.2021.9

Soria, T., Ávila, E. y Morales, P. (2015). Depresión y problemas de salud en estudiantes universitarios de la carrera de Medicina. Diferencias de género. *Alternativas en Psicología*, 18(31), 46-59. https://alternativas.me/wp-content/uploads/Revista-Alternativas-en-Psicologia-Numero-31.pdf#page=45

Toledano-Toledano, F. & Contreras-Valdez, J. A. (2018). Validity and reliability of the Beck Depression Inventory II (BDI-II) in family caregivers of children with chronic diseases. *PLOS One*, 13(11), Article e0206917. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206917

UAN, Universidad Autónoma de Nayarit (2023). Plan de Desarrollo de Unidad Académica de Educación y Humanidades. [En línea]. Disponible en: https://eyh.uan.mx/desc/docs/plan-des-2019.pdf. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2025.

Valdés, C., Morales-Reyes, I., Pérez, J. C., Medellín, A., Rojas, G. y Krause, M. (2017). Propiedades psicométricas del inventario de depresión de Beck IA para la población chilena. *Revista Médica de Chile,* 145(8), 1005-1012. http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017000801005

Vargas-Granda, S. M. (2021). Factores que inciden en la depresión en estudiantes universitarios: una revisión sistemática. *Revista Conrado*, 17(82), 387-394. http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v17n82/1990-8644-rc-17-82-387.pdf

Vázquez-Machado, A. (2013). Depresión. Diferencias de género. *MULTIMED*, 17(3). https://revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/319

Vega-Dienstmaier, J. M., Coronado-Molina, O. y Mazzotti, G. (2014). Validez de una versión en español del Inventario de Depresión de Beck en pacientes hospitalizados de medi-

cina general. *Revista de Neuro-psiquiatria*, 77(2), 95-103. http://www.scielo.org.pe/pdf/rnp/v77n2/v77n2ao2.pdf

Wang, Y. P. & Gorenstein, C. (2013). Psychometric properties of the Beck Depression Inventory-II: a comprehensive review. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 35, 416-431. https://doi.org/10.1590/1516-4446-2012-1048

Williams, Z. J., Everaert, J., & Gotham, K. O. (2021). Measuring depression in autistic adults: Psychometric validation of the Beck Depression Inventory-II. *Assessment*, 28(3),858-876. https://doi.org/10.1177/1073s191120952889

Zhang, R. & Volkow, N. D. (2023). Seasonality of brain function: Role in psychiatric disorders. *Translational Psychiatry*, 13, 65. https://doi.org/10.1038/s41398-023-02365-x

Estructura factorial e invarianza de medida en escalas adaptadas de percepción del acoso sexual laboral en trabajadores agrícolas de origen mexicano

Factor Structure and measurement invariance of adapted scales of workplace sexual harassment perceptions among agricultural workers of mexican origin

María Elena Rivera-Heredia[1], Kimberly Y. Prado[2], Fabiola González-Betanzos[1]*, Stephen A. McCurdy[2]

RESUMEN

Existe una limitada disponibilidad de información sobre la percepción del acoso sexual laboral en distintos contextos internacionales, lo que subraya la necesidad de contar con instrumentos válidos, confiables e invariantes para realizar comparaciones transnacionales. El objetivo de este estudio fue analizar las propiedades psicométricas, específicamente la estructura factorial y la invarianza preliminar de escalas adaptadas culturalmente para evaluar la percepción social del acoso sexual laboral, en trabajadores y trabajadoras agrícolas de origen mexicano en Michoacán, México, y California, Estados Unidos de América (EUA). Se aplicaron instrumentos desarrollados para este estudio a 197 personas: 40 hombres y 60 mujeres en Michoacán, y 38 hombres y 59 mujeres en California. Se utilizó una versión del Cuestionario de Experiencias Sexuales para Evaluar el Acoso Sexual entre Latinas (SEQ-L), a la que se le añadieron 3 ítems para determinar la solicitud de favores sexuales a cambio de beneficios (*Quid pro quo*) y 4 ítems para medir Indefensión, y la Escala Illinois de Aceptación de Mitos sobre el Acoso Sexual (ISHMA). Los resultados mostraron evidencia preliminar de invarianza de configuración en varias dimensiones; sin embargo, se alcanzó la invarianza métrica solo en la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil, lo que indica diferencias en los pesos factoriales entre contextos. Estos hallazgos sugieren que las escalas permiten identificar la organización del fenómeno, pero no garantizan la comparabilidad directa de las puntuaciones. En conjunto, los resultados deben interpretarse como evidencia preliminar derivada de versiones adaptadas de los instrumentos, lo que pone de manifiesto los retos metodológicos de evaluar el acoso sexual laboral en poblaciones agrícolas de origen mexicano en distintos países.

PALABRAS CLAVE: acoso sexual, escalas, psicometría, estudios transculturales, trabajadores agrícolas.

ABSTRACT

There is limited scholarly work on perceptions of workplace sexual harassment across different international contexts, underscoring the need for valid, reliable, and invariant instruments to enable cross-national comparisons. The aim of this study was to analyze the psychometric properties, specifically the factor structure and preliminary measurement invariance, of culturally adapted scales designed to assess social perceptions of workplace sexual harassment among agricultural workers of Mexican origin in Michoacán, Mexico, and California, United States of America (USA). Instruments developed for this study were administered to 197 participants: 40 men and 60 women in Michoacán, and 38 men and 59 women in California. A version of the Sexual Experiences Questionnaire adapted to assess sexual harassment among Latinas (SEQ-L) was used, with three additional items assessing requests for sexual favors in exchange for benefits (*Quid pro quo*) and four items assessing helplessness; along with the Illinois Sexual Harassment Myth Acceptance Scale (ISHMA). The results provided preliminary evidence of configural invariance across several dimensions; however, metric invariance was achieved only for the Sexually Hostile Work Environment dimension, indicating differences in factor loadings across contexts. These findings suggest that the scales can identify the underlying organization of the phenomenon but do not ensure direct comparability of scores across contexts. Overall, the findings should be interpreted as preliminary evidence derived from adapted versions of the instruments, highlighting the methodological challenges of assessing workplace sexual harassment among agricultural workers of Mexican origin across different countries.

KEYWORDS: sexual harassment, scales, psychometrics, cross-cultural studies, farmworkers.

***Correspondencia:** fbetanzos@umich.mx**/Fecha de recepción:** 4 de agosto de 2025**/Fecha de aceptación:** 28 de agosto de 2026**/Fecha de publicación:** 10 de septiembre de 2026.

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología, Francisco Villa núm 450. col. Dr. Miguel Silva, Morelia, Michoacán, México, C. P. 58110.
[2]Western Center for Agricultural Health and Safety, University of California, Davis, US Sacramento California, Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN

El acoso sexual es una forma de violencia que implica presiones, amenazas o promesas de beneficios a cambio de favores sexuales. En el ámbito laboral, incluye conductas físicas, visuales, verbales o telemáticas de índole sexual, que resultan ofensivas o indeseadas, generan un entorno intimidante o degradante y afectan las condiciones del empleo o producen un ambiente hostil, de acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2024).

La problemática se vuelve aún más compleja en grupos vulnerables, como quienes se dedican al trabajo agrícola, ya que con frecuencia en ese escenario laboral no se reconoce ni denuncia el acoso sexual. Su impacto no solo afecta el clima organizacional y la productividad, sino también la salud física y mental de las víctimas (Farah y col., 2022).

Un concepto cercano al acoso sexual es el hostigamiento sexual, considerado como otra forma de violencia sexual, pero caracterizado por ocurrir entre personas con diferencias de poder asociadas al puesto o estatus (INMUJERES, 2020; 2024). En la legislación mexicana, particularmente en la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, se distingue entre acoso sexual y hostigamiento (Cámara de Diputados, 2024). En contraste, en California, Estados Unidos de América (EUA), el marco jurídico no diferencia ambas figuras; todo se agrupa bajo el concepto de *sexual harassment*, que incluye dos modalidades: (1) la condición de beneficios a cambio de favores sexuales (*Quid pro quo harassment*) y (2) la creación de un ambiente hostil, aplicable tanto al ámbito laboral como escolar (California Government Code §12940, 2024; U.S. Equal Employment Opportunity Commission, 2024). Dado que el presente estudio es transnacional y que las dos escalas empleadas como base fueron desarrolladas en EUA, se retomará el concepto de acoso sexual como categoría general que integra al hostigamiento, lo que coincide con la perspectiva de los instrumentos que se utilizaron en este trabajo.

Diversas investigaciones han mostrado que las mujeres trabajadoras agrícolas son particularmente vulnerables al acoso sexual (Andrade-Rubio, 2016; Kim y col., 2016; Reyes-Rocha y Sexsmith, 2024), pero los hombres también pueden experimentarlo, aunque en menor medida (Prado y col., 2020). Reyes-Rocha y Sexsmith (2024) plantearon que los hombres suelen ejercer su posición de poder para hostigar a mujeres en el trabajo. Estas dinámicas pueden comprenderse también a partir de factores socioculturales. Al respecto, estudios transculturales, como los de Hofstede y col. (2010) mostraron que la predominancia masculina en cuanto al acoso sexual, es mayor en el contexto mexicano que en el estadounidense, debido a la distancia de poder entre ambos sexos.

Se ha establecido que en los más de 60 países estudiados, existen variaciones en las dinámicas de acoso sexual vinculadas con normas socioculturales, que influyen en los comportamientos dentro de los sistemas sociales, incluido el ámbito laboral (De-Almeida-Filho, 2020; Henry y Adams, 2018; Reyes-Rocha y Sexsmith, 2024). De ahí la importancia de estudiar el acoso sexual desde una perspectiva sociocultural que permita contrastar el comportamiento de distintos grupos sociales y nacionalidades

El acoso sexual a las y los trabajadores agrícolas ha sido explorado principalmente mediante técnicas cualitativas (Andrade-Rubio, 2016; Kim y col., 2016; Prado y col., 2020). Evaluarlo cuantitativamente implica retos adicionales, como desarrollar instrumentos válidos, confiables y culturalmente sensibles. Además, realizar estudios con trabajadores agrícolas es complejo debido a la dificultad de acceso al campo laboral, los bajos niveles de escolaridad, las limitaciones en lectura y escritura, la presencia de lenguas indígenas como primera lengua, por ejemplo, purépecha, náhuatl u otomí, y la escasa disponibilidad de tiempo debido a las largas jornadas laborales. A ello se añade la sensibilidad del tema, que puede generar incomodidad o temor por las posibles implicaciones laborales o familiares, tal como han documentado estudios previos (Prado y col., 2020; 2024).

 CienciaUAT. 20(2): 127-144 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2045

Los instrumentos cuantitativos adaptados al contexto agrícola son escasos. Entre los existentes destacan el Cuestionario de Experiencias Sexuales (SEQ, por sus siglas en inglés: Sexual Experiences Questionnaire) (Fitzgerald y col., 1988), traducido al español para latinas en EUA como SEQ-L *(Assessing Sexual Harassment Among Latinas, versión en español/Evaluación de Acoso Sexual entre Latinas)* (Cortina, 2001) y el Illinois Sexual Harassment Myth Acceptance Survey (ISHMA) (Lonsway y col., 2008), adaptado también al español para poblaciones hispanohablantes *(Spanish Adaptation of the Illinois Sexual Harassment Myth Acceptance/Escala Illinois de Aceptación de Mitos sobre el Acoso Sexual)* (Expósito y col., 2014).

En términos metodológicos, uno de los principales retos para la investigación comparativa es contar con instrumentos válidos, confiables y equivalentes entre grupos, lo cual requiere evaluar la invarianza de medida (Castillo y col., 2021; Rivera-Heredia y col., 2024). La invarianza permite determinar si un constructo –como el acoso sexual– se mide de la misma manera entre distintos grupos (por ejemplo, entre hombres y mujeres) o en un mismo grupo en contextos diferentes (trabajadores agrícolas mexicanos en Michoacán, México y en California, EUA). Para que las comparaciones sean válidas y significativas, es indispensable comprobar que el instrumento mida el mismo constructo latente en ambos contextos (Castillo y col., 2021). Las formas de equivalencia más comunes son la invarianza de configuración (misma estructura factorial) y la invarianza métrica (igualdad de cargas factoriales), lo que indica que los ítems tienen el mismo significado entre grupos (Lasker, 2024; van-de-Schoot y col., 2015).

Dado que la evidencia disponible de la medición de invarianza de las escalas SEQ-L (Cortina, 2001) e ISHMA (Expósito y col., 2014) en sus versiones originales y en sus versiones adaptadas para trabajadores y trabajadoras agrícolas que viven en México o en EUA es limitada, se consideró pertinente evaluar dichas propiedades psicométricas en esta población.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la estructura factorial y la invarianza de medida preliminar de dos escalas adaptadas culturalmente para evaluar y comparar la percepción social del acoso sexual laboral en trabajadores y trabajadoras agrícolas de origen mexicano que se encontraban en contextos diferentes, en México y EUA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio forma parte de una investigación más amplia con un diseño mixto. En el presente trabajo se reporta únicamente la fase cuantitativa, centrada en el análisis psicométrico, específicamente de invarianza, de las escalas utilizadas.

Participantes

El método de muestreo fue intencional. Participaron 197 trabajadores y trabajadoras agrícolas de origen mexicano residentes en Michoacán, México y California, EUA. Los criterios de inclusión fueron: a) ser mayor de edad, b) encontrarse laborando activamente en actividades agrícolas al momento del estudio, c) identificarse como persona de origen mexicano y d) aceptar participar mediante consentimiento informado.

Debido a la sensibilidad del tema y a las características de la población de estudio, largas jornadas laborales, movilidad geográfica y dificultad de acceso al contexto agrícola, el tamaño muestral respondió a las posibilidades reales de acceso y participación. En este sentido, los análisis realizados deben interpretarse como aproximaciones preliminares orientadas a explorar la estructura factorial y el comportamiento de invarianza de las escalas, más que como pruebas definitivas de equivalencia psicométrica.

No se recabó información sistemática sobre el estatus migratorio de las personas participantes, debido a la sensibilidad del tema y a la intención de favorecer un ambiente de confianza durante el proceso de recolección de datos. Por ello, las referencias a posibles consecuencias relacionadas con migración deben

interpretarse como parte de las percepciones sociales y creencias asociadas al contexto laboral y comunitario de las y los participantes, más que como indicadores directos de su situación migratoria individual.

Técnicas e instrumentos

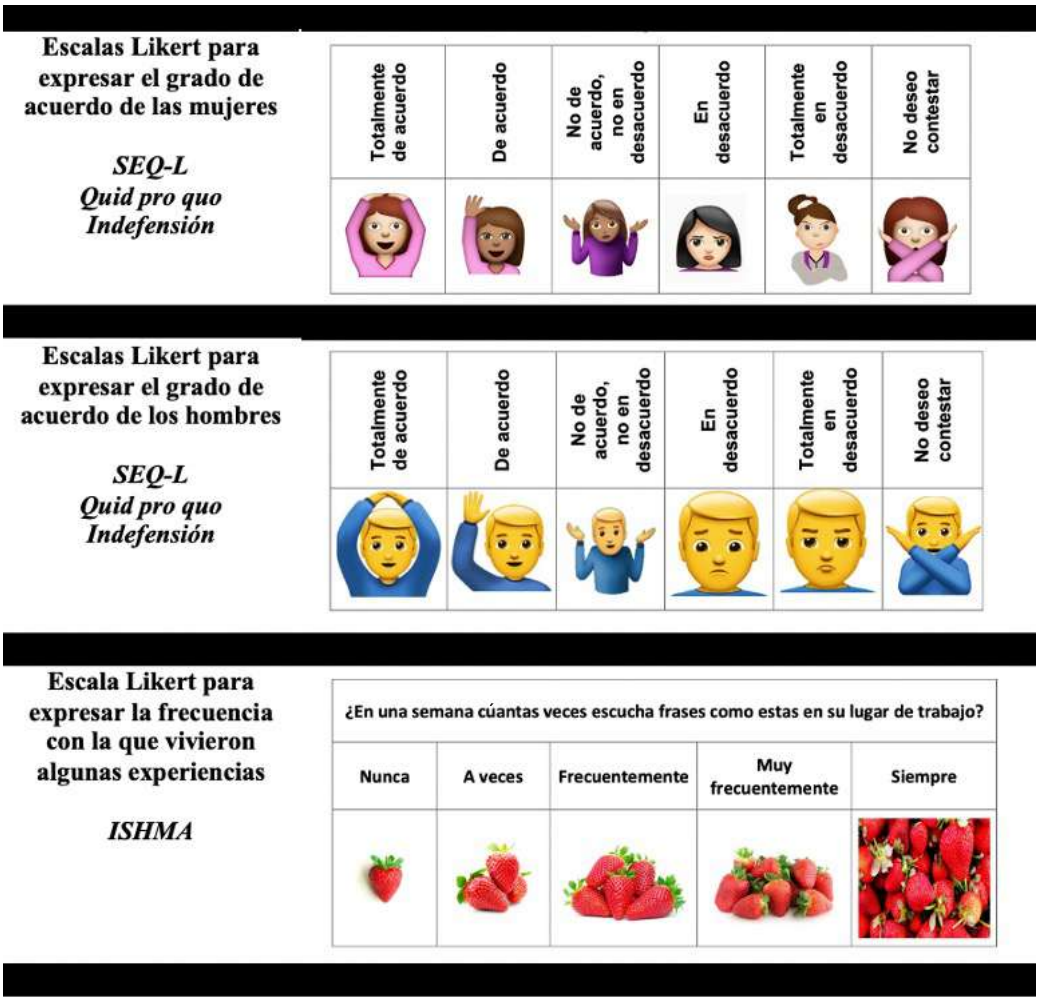
Para evaluar la percepción de acoso sexual en el trabajo agrícola, se retomaron 10 reactivos, de dos dimensiones de la escala desarrollada por Cortina (2001), denominada SEQ-L: Ambiente laboral sexualmente hostil (6 reactivos; α = 0.915) y Atención sexual no deseada (4 reactivos; α = 0.740). Asimismo, se añadieron 3 reactivos desarrollados para evaluar experiencias de *Quid pro quo* (entendida en este estudio como una propuesta de intercambio de beneficios a cambios de favores sexuales) y 4 reactivos para evaluar Indefensión (entendida en el presente trabajo como la percepción de consecuencias negativas asociadas a la denuncia del acoso sexual). Para favorecer la comprensión de los reactivos por parte de las personas participantes, se modificó el formato de respuesta, para ello, se utilizaron 6 categorías que evaluaban el grado de acuerdo, las cuales fueron, 0 = no deseo contestar, 1 = totalmente en desacuerdo, 2 = en desacuerdo, 3 = no de acuerdo, no en desacuerdo, 4 = de acuerdo y 5 = totalmente de acuerdo (Figura 1). Adicionalmente, las opciones de respuesta se acompañaron de imágenes representativas de cada categoría, las cuales se imprimieron en formato grande y plastificado (20 cm × 10 cm), y se emplearon como apoyo visual durante la aplicación del instrumento.

En el caso de las creencias sobre el acoso sexual se incluyeron 16 reactivos de la escala ISHMA de Expósito y col. (2014), que cuenta con 4 subescalas a saber, (1) fabricación/exageración (el creer que mujeres inventan, exageran, y/o invitan el acoso sexual, α = 0.80), (2) motivos ulteriores ocultos (el creer que una mujer tiene una intención secreta con la que busca beneficiarse al reportar acoso sexual, α = 0.85), (3) heterosexualidad natural (el creer que el acoso sexual es un comportamiento romántico natural para los hombres y que además les gusta a las mujeres, α = 0.82) y (4) responsabilidad de la mujer (creer que la mujer puede tener el control de que ocurra o no el acoso sexual, a pesar de que ella sea la víctima del mismo, α = 0.77). En todos los reactivos, las opciones de respuesta se modificaron con respecto a la versión original de la escala, y en su lugar se optó por un menor número de opciones de respuesta, redactándolas en términos de frecuencia, las cuales fueron: 0 = nunca, 1 = a veces, 2 = frecuentemente, 3 = muy frecuentemente, 4 = siempre (Figura 1).

Dadas las modificaciones realizadas a los instrumentos originales, en este estudio se empleó una versión adaptada y ampliada del SEQ-L, que conserva las dimensiones Ambiente laboral sexualmente hostil y Atención sexual no deseada, e incorpora reactivos para evaluar *Quid pro quo* e Indefensión. Asimismo, se utilizó una versión adaptada del ISHMA, en la que se modificó el formato de respuesta para favorecer su comprensión y adecuación al contexto de aplicación. En consecuencia, los resultados psicométricos obtenidos corresponden específicamente a estas versiones adaptadas y no deben interpretarse como evidencia sobre las propiedades psicométricas de las versiones originales de los instrumentos.

Procedimiento

La batería de instrumentos conformada se logró mediante la colaboración entre investigadores de la Universidad de California Davis en EUA y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en México. Por la sensibilidad del tema del acoso sexual y las dificultades de la población rural para hablar sobre aspectos relativos a la sexualidad, sobre todo porque sobrepasan lo permitido por sus normas socioculturales (Prado y col., 2020; Valle-Villalobos y col., 2022), el equipo de investigación tomó la decisión de acercarse al tema mediante un enfoque culturalmente pertinente, evaluando la percepción social de las experiencias, mitos y creencias en torno al acoso sexual, para que pudieran compartir lo que ellas y ellos



Nota: imágenes impresas y plastificadas de manera independiente, una para cada escala, las cuales se utilizaron como regletas de 20 cm x 10 cm y sirvieron como elementos didácticos de apoyo para favorecer la comprensión de las opciones de respuesta de la escala Likert.

Figura 1. Ejemplo de los apoyos visuales utilizados para facilitar la comprensión de las categorías de respuesta de las escalas Likert, durante la aplicación de las escalas adaptadas.
Figure 1. Example of the visual aids used to facilitate participants' understanding of Likert-scale response categories during the administration of the adapted scales.

han observado que les ha pasado a otras personas, o sobre lo que se han enterado que les ocurre a sus compañeras y compañeros. Como parte de este proceso de adaptación, se realizaron modificaciones en la redacción de los reactivos. Mientras que las versiones originales estaban formuladas en primera persona y orientadas al reporte de experiencias individuales, las versiones utilizadas en este estudio fueron reformuladas en tercera persona con el propósito de evaluar la percepción social del acoso sexual laboral. Asimismo, se incorporaron los nuevos reactivos correspondientes a los aspectos *Quid pro quo* e Indefensión para abordar dimensiones de interés específicas para la población estudiada.

La pertinencia y comprensión de estas modificaciones fueron evaluadas mediante dos estrategias complementarias. Primero, los reactivos fueron revisados por mesas consultivas establecidas en ambos países, integradas por representantes de organizaciones agrícolas y actores clave tales como la Confederación Nacional Campesina (2 personas) y la Red Solidaria de Derechos Humanos (1 persona), en

Michoacán, aunados a la organización de Líderes Campesinas y la de Alianza Nacional de Campesina; además de Yolo County Housing Authority, en California (con una persona en cada uno de ellas); junto con representantes del sector académico, 3 por parte de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y 3 por parte de la Universidad de California en Davis, quienes tenían experiencia de trabajo e investigación con trabajadores y trabajadoras agrícolas. Su participación tuvo como propósito revisar la pertinencia cultural y contextual de los instrumentos, los materiales de apoyo y los procedimientos de aplicación, así como proporcionar retroalimentación para favorecer la claridad y comprensión de los reactivos y de las opciones de respuesta. A partir de las observaciones realizadas por estos grupos se efectuaron ajustes en los instrumentos y materiales utilizados en el estudio. Posteriormente, las escalas fueron sometidas a una aplicación piloto a integrantes de la población objetivo. En ella, participaron dos personas en cada país, que compartían características sociodemográficas similares a las de la población objetivo. La aplicación del instrumento piloto estuvo acompañada de entrevistas cognitivas orientadas a identificar posibles dificultades de comprensión para adaptar los reactivos, evaluar la pertinencia de los mismos y estimar el tiempo requerido para completar la batería de instrumentos, el cual fue aproximadamente de 1 h.

Dichos esfuerzos se realizaron para construir una batería de instrumentos que pudiera servir como un material de apoyo o recurso que contribuya a revelar el acoso sexual laboral, así como los factores asociados al mismo, en hombres y mujeres que se dedican al trabajo agrícola en México y en EUA.

Finalmente, se contó con la versión en inglés y en español de los instrumentos y a los 197 participantes se les dio a elegir el idioma en el que querían contestar, el cual fue en su mayoría en español. No se contó con versión en purépecha, pero sí con el acompañamiento de una persona que traducía los ítems desde el español en el momento de aplicar la batería, lo cual se realizó de manera individual, cara a cara, a cada uno de los participantes.

Para los trabajadores del estado de California, en EUA, la aplicación de las escalas fue en una oficina destinada para ello, en sus centros de trabajo; para la aplicación participó un facilitador hombre con los trabajadores varones y con las mujeres, una facilitadora mujer. Mientras que en el estado de Michoacán se realizaron visitas a domicilio para aplicar las escalas después del horario laboral o durante el fin de semana, también se contó con facilitadores hombre y mujer, la facilitadora mujer era hablante tanto de español como de purépecha. Se otorgó una compensación en atención al tiempo que dedicaron a responder las escalas. Los trabajadores de California recibieron un certificado de regalo con valor de $ 50 dólares, mientras que en Michoacán se hizo entrega de una mochila con un valor aproximado de $ 300 pesos. La decisión de entregar una mochila más que dinero en efectivo fue recomendación del consejo consultivo. La diferencia en los montos dependió del costo de vida cotidiana en uno y otro país.

Análisis de datos

Se calcularon los valores de asimetría y curtosis. Con excepción de los ítems 17, 18 y 19, todos los demás presentaron valores fuera del rango (-1 y 1) recomendado para considerar una distribución como aproximadamente normal (Bandalos y Finney, 2018), por lo que la distribución de las puntuaciones de dichos ítems no se ajustó a la normalidad, lo que hizo necesario recurrir a métodos de estimación alternativos que se describen en los apartados siguientes.

Para respaldar la validez de constructo, se evaluó la estructura interna mediante un análisis factorial confirmatorio (AFC). Ante la ausencia de normalidad en la distribución de los datos, se optó por el método de mínimos cuadrados ponderados ajustados por la media y la varianza (WLSMV, por sus siglas en inglés: weighted least squares mean and variance ad-

justed). Se ajustaron las estructuras teóricas de los cuestionarios (modelos): 1) Ambiente laboral sexualmente hostil (SEQ-L), 2) Atención sexual no deseada (SEQ-L), 3) *Quid pro quo* e Indefensión y 4) la escala de ISHMA. Para evaluar el ajuste de los modelos se consideró de manera conjunta el comportamiento de los índices de ajuste Chi-cuadrado (χ^2), raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR, por sus siglas en inglés: Standardized Root Mean Square Residual), índice de bondad de ajuste comparativo (CFI, por sus siglas en inglés: Comparative Fid Index), índice de Tucker-Lewis (TLI, por sus siglas en inglés: Tucker-Lewis Index), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA, por sus siglas en inglés: Root Mean Square Error of Approximation). Como referencia se tomaron las recomendaciones propuestas por Hu y Bentler (1999), quienes sugieren como valores aceptables (0.90 a 0.94) y excelentes ≥ 0.95 para CFI y TLI. En SRMR se consideraron valores excelentes < 0.08 y como aceptables aquellos entre 0.08 a 0.010. En RMSEA, se consideró excelente un valor ≤ 0.06, y como aceptable valores hasta 0.08. No obstante, estos criterios fueron interpretados como guías y no como puntos de corte absolutos, en concordancia con las recomendaciones de Marsh y col. (2004), quienes señalan que los índices de ajuste deben valorarse considerando las características del modelo, el método de estimación y el contexto de la investigación. En el presente estudio, debido al empleo del estimador WLSMV con variables ordinales y al carácter exploratorio de los análisis de invarianza, la interpretación del ajuste se realizó de manera integral y no exclusivamente a partir de un único índice. Asimismo, se incluyó un análisis orientado a valorar la posibilidad de generalizar el modelo factorial y la interpretación de las puntuaciones a poblaciones trabajadoras tanto en EUA como en México; en la comparación por países, se analizaron la invarianza configuracional y métrica mediante modelos de Análisis Factorial Multigrupo (van-de-Schoot y col., 2015). Esto se hizo a través del cambio en el índice de ajuste comparativo (ΔCFI) propuesto por Cheung y Rensvold (2002), así como mediante la diferencia de χ^2 ajustada para estimación WLSMV (DIFFTEST) recomendada por Muthén y Muthén (2017). La invarianza se consideró aceptable cuando el cambio en el CFI fue inferior a 0.01 (ΔCFI < 0.01) y la diferencia de χ^2 no resultó estadísticamente significativa (P > 0.05). Por el contrario, un cambio en el CFI igual o superior a 0.01 (ΔCFI ≥ 0.01) o diferencias de χ^2 estadísticamente significativas se interpretaron como evidencia de falta de invarianza entre los grupos comparados (Cheung y Rensvold, 2002; van-de-Schoot y col., 2015). Dado que algunos de estos criterios fueron desarrollados originalmente para datos continuos estimados mediante máxima verosimilitud, su aplicación en modelos estimados con WLSMV debe interpretarse con cautela y constituye una limitación del presente estudio.

Para evaluar la fiabilidad de las escalas se estimó el coeficiente alfa de Cronbach y el coeficiente omega de McDonald. El alfa de Cronbach es uno de los índices de consistencia interna más utilizados en psicometría, mientras que el omega de McDonald constituye una alternativa recomendada al basarse en la estructura factorial y en la matriz de covarianzas de los reactivos (Viladrich y col., 2017). Siguiendo las recomendaciones de la literatura especializada, se consideró que valores ≥ 0.70 reflejan niveles aceptables de fiabilidad, valores ≥ a 0.80 indican una fiabilidad buena y valores ≥ 0.90 una fiabilidad excelente (Colorado-Romero y col., 2025; Viladrich y col., 2017).

Para el análisis de los datos se utilizaron el software Mplus, versión 7.1. y el paquete estadístico para las ciencias sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences), versión 25.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta las características sociodemográficas de las personas participantes por país. La muestra estuvo conformada por 197 trabajadores y trabajadoras agrícolas de origen mexicano distribuidos entre México (n = 100) y EUA (n = 97). La mayoría de las

Tabla 1. Características de la muestra por país.
Table 1. Sample characteristics by country.

Característica	México (n = 100)	EUA (n = 97)	Total (n = 197)
Mujeres, n (%)	60 (60.0)	59 (60.8)	119 (60.4)
Hombres, n (%)	40 (40.0)	38 (39.2)	78 (39.6)
Edad mínima	18.0	18.0	18.0
Edad máxima	62.0	77.0	77.0
Edad promedio (DT)*	33.33 (11.46)	41.54 (14.71)	37.37 (13.76)

*DT = Desviación típica.

personas participantes reportó sentirse más cómoda hablando español (90.4 %), seguida del purépecha (8.6 %) y del inglés (1.0 %).

La Tabla 2 presenta los índices de ajuste de los modelos factoriales confirmatorios retenidos para cada una de las dimensiones evaluadas en la muestra total y por país. En el caso del SEQ-L, las dimensiones de (1) Ambiente laboral sexualmente hostil y (2) Atención sexual no deseada fueron analizadas por separado, debido a que la estimación conjunta produjo correlaciones problemáticas entre factores y un ajuste insatisfactorio del modelo. Por otra parte, las dimensiones (3a) *Quid pro quo* e (3b) Indefensión fueron estimadas conjuntamente mediante un modelo de dos factores correlacionados, debido a que esta especificación mostró una solución factorial más estable y un mejor ajuste que el obtenido al analizarlas por separado. Finalmente, la escala (4) ISHMA fue evaluada como un modelo factorial completo integrado por las dimensiones retenidas tras el proceso de depuración psicométrica.

Los resultados muestran que la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil (Tabla 2) presentó un patrón de ajuste global favorable

Tabla 2. Índices de ajuste de las dimensiones que conformaron la batería de instrumentos aplicada.
Table 2. Fit indices of the dimensions that comprised the battery of instruments applied.

Dimensiones	WLSMV					
	χ^2	gl	SRMR	CFI	TLI	RMSEA [90 % CI]
1. Ambiente laboral sexualmente hostil (SEQ-L)	4.00	5	0.01	0.99	0.94	0.01 [0.00, 0.06]
a) México	11.66	5	0.02	0.98	0.94	0.11 [0.02, 0.21]
b) EUA	10.85	5	0.02	0.98	0.94	0.11 [0.01, 0.20]
2. Atención sexual no deseada (SEQ-L)	14.01	2	0.05	0.93	0.80	0.07 [0.07, 0.08]
a) México	16.86	2	0.07	0.86	0.57	0.27 [0.16, 0.40]
b) EUA	3.89	2	0.03	0.98	0.95	0.09 [0.01, 0.24]
3. *Quid pro quo* e Indefensión	17.65	12	0.04	0.98	0.98	0.04 [0.02, 0.08]
a) México	26.22	13	0.07	0.96	0.93	0.10 [0.04, 0.16]
b) EUA	39.12	13	0.06	0.89	0.82	0.14 [0.09, 0.19]
4. Escala Illinois de Aceptación de Mitos sobre el Acoso Sexual (ISHMA)	74.00	51	0.05	0.95	0.94	0.04 [0.01, 0.07]
a) México	77.84	62	0.06	0.93	0.92	0.05 [0.01, 0.08]
b) EUA	92.91	62	0.05	0.94	0.93	0.05 [0.02, 0.07]

Nota: estimación de mínimos cuadrados ponderados con media y varianza ajustada (WLSMV), Chi-cuadrado (χ^2), raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR), índice de bondad de ajuste comparativo (CFI), índice de Tucker-Lewis (TLI), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA).

en la muestra total (CFI = 0.99, TLI = 0.94, SRMR = 0.01, RMSEA = 0.01), con valores elevados de CFI y bajos de SRMR y RMSEA. La dimensión Atención sexual no deseada mostró un ajuste menos consistente (CFI = 0.93, TLI = 0.80, SRMR = 0.05, RMSEA = 0.07), lo que sugiere que el modelo reproduce parcialmente la estructura de los datos, debido a que los índices de SRMR y RMSEA tuvieron valores altos (sin exceder los valores referidos); y particularmente el TLI, reportó valores inferiores a los de referencia habitualmente recomendados. La escala integrada de *Quid pro quo* e Indefensión presentó un ajuste satisfactorio (CFI = 0.98, TLI = 0.98, SRMR = 0.04, RMSEA = 0.04), al igual que la ISHMA (CFI = 0.95, TLI = 0.94, SRMR = 0.05, RMSEA = 0.04). En concordancia con Marsh y col. (2004), la valoración del ajuste se realizó considerando el comportamiento conjunto de los índices y las características del modelo, más que el cumplimiento estricto de un único punto de corte.

Los análisis realizados por país evidenciaron diferencias en el ajuste de los modelos (Tabla 2), mientras que algunas dimensiones mostraron índices de ajuste global favorables, otras, particularmente Atención sexual no deseada en la muestra de México, presentaron un ajuste claramente menos satisfactorio (TLI = 0.57; RMSEA = 0.27), lo que sugiere que la estructura factorial se reproduce con distinta precisión entre ambos contextos. De manera similar, el modelo *Quid pro quo* e Indefensión mostró diferencias en sus índices de ajuste entre países (EUA: TLI = 0.82; RMSEA = 0.14). En consecuencia, los análisis de invarianza realizados deben interpretarse como una evaluación exploratoria orientada a examinar la estabilidad de la estructura factorial entre grupos más que como una demostración concluyente de equivalencia psicométrica.

Una vez verificado el ajuste de los modelos factoriales, se evaluó la invarianza de medida entre las muestras de México y EUA. En primer lugar, se examinó la invarianza configuracional para determinar si la estructura factorial era equivalente en ambos grupos. Posteriormente, se evaluó la invarianza métrica mediante la restricción de las cargas factoriales y la comparación de los cambios en los índices de ajuste.

Como se observa en la Tabla 3, todas las dimensiones alcanzaron invarianza configuracional, lo que indica que los reactivos se agrupan de manera semejante en ambos países. Sin embargo, únicamente la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil alcanzó invarianza métrica, al presentar un cambio mínimo en el CFI (0.98 a 0.98) (ΔCFI = 0.003) y una diferencia de chi-cuadrado no significativa ($P > 0.05$). En contraste, las otras dimensiones mostraron disminuciones en el CFI (Atención sexual no deseada: de 0.99 a 0.93, *Quid pro* e Indefesión, de 0.98 a 0.90; ISHMA, de 0.92 a 0.90) superiores al criterio establecido (ΔCFI < 0.01) y la no significancia del $\Delta\chi^2$ ($P \leq 0.05$), por lo que no se obtuvo evidencia de invarianza métrica. Estos resultados sugieren que la organización factorial de las escalas es comparable entre México y EUA; sin embargo, con excepción de la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil, la magnitud de la relación entre los reactivos y los constructos latentes difiere entre ambos grupos. En consecuencia, las comparaciones entre países deben interpretarse con cautela y considerando las limitaciones derivadas de la falta de equivalencia métrica.

La Tabla 4 presenta los pesos factoriales estandarizados y los coeficientes de fiabilidad (alfa de Cronbach y omega de McDonald) de las dimensiones evaluadas. Por su parte, *Quid pro quo* e Indefensión, aunque conceptualmente diferenciadas, fueron estimadas conjuntamente dentro de un modelo de dos factores correlacionados. Esta decisión respondió a que la estimación simultánea de ambas dimensiones produjo una solución factorial más estable y un mejor ajuste que el obtenido al analizarlas por separado, manteniéndose la diferenciación conceptual y empírica entre ambos constructos.

En la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil se reportan los pesos factoriales de

Tabla 3. Índices de ajuste para la prueba de medición de invarianza del modelo factorial de segundo orden de las escalas para evaluar la percepción del acoso sexual laboral usando WLSMV.
Table 3. Fit indices for the measurement invariance test of the second-order factor model of the scales assessing the perception of workplace sexual harassment using WLSMV.

Grupos/Invarianza	χ^2	gl	$\Delta\chi^2$	P*	CFI	ΔCFI[a]	RMSEA
1. Ambiente laboral sexualmente hostil							
M0. Invarianza configuracional	22.29	10	-	-	0.98	-	0.08
M1. Invarianza métrica	24.37	16	2.08	0.91	0.98	0.003	0.06
2. Atención sexual no deseada							
M0. Invarianza configuracional	2.17	18	-	-	0.99	-	0.02
M1. Invarianza Métrica	18.96	15	16.79*	< 0.001	0.93	- 0.06	0.11
3. *Quid pro quo* e Indefensión							
M0. Invarianza configuracional	33.77	24	-	-	0.98	-	0.04
M1. Invarianza Métrica	81.39	29	47.62*	< 0.001	0.90	-0.08	0.09
4. Escala Illinois de Aceptación de Mitos sobre el Acoso Sexual							
M0. Invarianza Configuracional	139.35	102	-	-	0.92	-	0.04
M1. Invarianza Métrica	158.72	111	19.37*	0.022	0.90	-0.02	0.05

Nota. χ^2 = Chi-cuadrado; gl = grados de libertad; $\Delta\chi^2$ = diferencia de chi-cuadrado; CFI = índice de ajuste comparativo; [a]ΔCFI = cambio en el índice de ajuste comparativo (M1-M0); RMSEA = error cuadrático medio de aproximación. La invarianza métrica se consideró ΔCFI < 0.01 y la no significancia del $\Delta\chi^2$ (*P > 0.05). Valores significativos de ΔCFI ≥ |0.01| y de X^2 (*P ≤ 0.05) indican falta de invarianza.

la muestra total (Tabla 4) debido a que fue la única que alcanzó invarianza métrica (Tabla 3) entre México y EUA. En las demás dimensiones (Tabla 4), los pesos factoriales se presentan por separado para cada país, dado que no se obtuvo evidencia de equivalencia métrica entre grupos. Los coeficientes de fiabilidad obtenidos indicaron niveles de aceptables a excelentes de consistencia interna, con valores de alfa de Cronbach y omega de McDonald superiores a 0.70 en todas las dimensiones evaluadas.

La Tabla 5 presenta los pesos factoriales estandarizados y los coeficientes de fiabilidad (alfa de Cronbach y omega de McDonald) de la ISHMA. Los resultados respaldan una estructura conformada por tres dimensiones: Fabricación/Exageración, Responsabilidad de la mujer y Heterosexualidad natural, cuyos coeficientes de fiabilidad se ubicaron en niveles aceptables, a excepción del alfa de Cronbach de Responsabilidad de la mujer ($\alpha = 0.68$).

Durante los análisis factoriales, los reactivos 4, 7, 8 y 9 correspondientes a la dimensión Motivos ulteriores ocultos del instrumento original presentaron pesos factoriales bajos o no significativos en ambas muestras, por lo que esta dimensión fue excluida de la versión final del modelo (Tabla 5) en la que se mantienen los números originales de los reactivos incluidos y se omiten los eliminados. En consecuencia, la estructura retenida difiere parcialmente de la propuesta original de la escala (Expósito y col., 2014).

Los pesos factoriales se presentan por separado para México y EUA debido a que la escala no alcanzó invarianza métrica entre ambos grupos. No obstante, las cargas factoriales obtenidas permiten identificar una organización factorial consistente de los reactivos dentro de cada dimensión, aportando evidencia preliminar sobre la validez estructural de la escala adaptada en la población estudiada.

DISCUSIÓN

La evidencia de invarianza configuracional observada en las dimensiones de Ambiente laboral sexualmente hostil y Atención sexual no deseada del SEQ-L, así como en el mode-

Tabla 4. Pesos factoriales de los ítems por dimensión y medidas de fiabilidad (alfa de Cronbach y omega de McDonald).
Table 4. Item factor loadings by dimension and reliability coefficients (Cronbach's alpha and McDonald's omega).

Factores/Reactivos	Pesos Factoriales		
	Global	México	EUA
1. Ambiente laboral sexualmente hostil	(α = 0.91, ω = 0.90)		
1. ¿Alguien en su trabajo hace comentarios que insultan a las mujeres, por ejemplo, diciendo: "las mujeres no llegan a ser buenas supervisoras" o algo parecido?	0.74		
2. ¿Alguien en su trabajo dice chistes, cuentos o comentarios sexuales groseros que describen negativamente a las mujeres?	0.77		
3. ¿Alguien en su trabajo dice palabras para insultar a mujeres, por ejemplo: diciendo que son "facilitas")?	0.85		
4. ¿Alguien en su trabajo dice cosas ofensivas a otra persona acerca de su cuerpo o de su vida sexual?	0.86		
5. ¿Alguien en su trabajo dice comentarios sexuales groseros enfrente de otras personas?	0.83		
6. ¿Alguien en su trabajo trata de hacer que otra persona hable acerca de cosas sexuales?	0.77		
2. Atención sexual no deseada	(α = 0.74, ω = 0.76)		
7. ¿Alguien en su trabajo trata de hablar con otros trabajadores acerca de su vida sexual o sus preferencias sexuales incomodando a las personas con las que hablaba?		0.95	0.89
8. ¿Alguien en su trabajo insiste en tener una relación sexual o romántica con alguna persona, aunque esta persona le haya dicho que no quería?		0.88	0.44
9. ¿Alguien en su trabajo mira lentamente el cuerpo de otra persona de una manera que la hace sentir incómoda o sucia a la persona que observa?		0.52	0.70
10. ¿Alguien en su trabajo grita piropos o le ha silbado o chiflado a alguna persona enfrente de la gente, de una manera que incomodó a la persona?		0.35	0.55
3a. *Quid pro quo*	(α = 0.89, ω = 0.90)		
11. ¿Alguien en su trabajo ofreció mejores condiciones de trabajo o promoción a cambio de favores sexuales?		0.95	0.56
12. ¿Alguien en su trabajo ha recibido amenazas o represalias por no haber aceptado avances sexuales?		0.88	0.97
13. ¿Alguien en su trabajo ha sufrido consecuencias negativas por no haber aceptado participar en conductas sexuales?		0.85	0.71
3b. Indefensión	(α = 0.74, ω = 0.75)		
14. No vale la pena reportar un acoso sexual porque nadie hace nada.		0.63	0.60
15. No vale la pena reportar un acoso sexual porque perdería el trabajo.		0.93	0.97
16. Es mejor no reportar un acoso sexual porque la gente va hablar mal de la persona acosada.		0.45	0.61
17. Si alguien reporta un acoso sexual tendrá problemas con migración.		0.52	0.34

Nota. Se reportan los pesos factoriales estandarizados para cada grupo (México y EUA). La columna "Global" se presenta únicamente para la dimensión de "Ambiente laboral sexualmente hostil", debido a que fue la única que alcanzó invarianza métrica con base en el criterio de ΔCFI y de Chi-cuadrada no significativa. En las demás dimensiones, al no cumplirse este criterio, los pesos factoriales se reportan por separado para cada país. Los errores estándar y los niveles de significancia no se presentan, dado que el énfasis del análisis se centra en la magnitud y el patrón de las cargas factoriales en el contexto del análisis de invarianza. No obstante, todos los pesos factoriales resultaron estadísticamente significativos ($P \leq 0.001$). α = coeficiente alfa de Cronbach; ω = coeficiente omega de McDonald.

Tabla 5. Pesos factoriales de los ítems del ISHMA por dimensión y medidas de fiabilidad (alfa de Cronbach y omega de McDonald).
Table 5. ISHMA item factor loadings by dimension and reliability coefficients (Cronbach's alpha and McDonald's omega).

Factores/Reactivos	Pesos Factoriales		
	Global	México	EUA
Factor 1. Fabricación/exageración	(α = 0.70, ω = 0.71)		
1. Sólo si una mujer pierde su empleo, puede tomarse en serio su denuncia de acoso sexual.		0.55	0.61
2. Las mujeres que manifiestan haber sido acosadas sexualmente, normalmente suelen exagerar.		0.46	0.76
3. Si una mujer es acosada sexualmente, tuvo que haber hecho algo para provocarlo.		0.69	0.61
5. Si una mujer no presenta una queja formal, probablemente el hecho no fue lo suficientemente serio para ser acoso sexual.		0.64	0.63
6. Las denuncias de acoso sexual que no fueron comunicadas a tiempo son difíciles de creer.		0.42	0.29
Factor 2. Responsabilidad de la mujer	(α = 0.68, ω = 0.70)		
14. Las mujeres normalmente pueden hacer que los hombres dejen de fijarse sexualmente en ellas al pedirles que dejen de hacerlo.		0.67	0.78
15. Las mujeres normalmente pueden hacer que sus compañeros de trabajo dejen de fijarse sexualmente en ellas al quejarse con su jefe.		0.66	0.67
16. Casi todos los tipos de acoso sexual terminarían si simplemente la mujer le dice al hombre que deje de hacerlo.		0.67	0.40
Factor 3. Heterosexualidad natural	(α = 0.73, ω = 0.75)		
10. La mayoría de las mujeres se sienten halagadas cuando los hombres con los que trabajan se fijan sexualmente en ellas.		0.68	0.72
11. La mayoría de las mujeres en el fondo disfrutan cuando los hombres con los que trabajan se les insinúan sexualmente.		0.56	0.82
12. Es inevitable que los hombres coqueteen con las mujeres en el trabajo.		0.66	0.30
13. Las mujeres no deberían considerar tan rápidamente como una ofensa, el hecho de que un hombre se les insinúe sexualmente en el trabajo.		0.64	0.58

Nota. Se conserva la numeración original de los reactivos de la escala ISHMA (Expósito y col., 2014) con el fin de mantener la correspondencia con la versión original del instrumento. Los reactivos 4, 7, 8 y 9, correspondientes a la dimensión Motivos ulteriores ocultos, fueron eliminados durante el proceso de depuración psicométrica debido a que presentaron pesos factoriales bajos o no significativos en ambas muestras. Los pesos factoriales estandarizados se presentan por separado para México y Estados Unidos debido a que no se obtuvo evidencia de invarianza métrica entre ambos grupos. Los errores estándar y los niveles de significancia no se incluyen, ya que el énfasis del análisis se centra en la magnitud y el patrón de las cargas factoriales; no obstante, todas las cargas factoriales de los reactivos retenidos fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.001$). α = coeficiente alfa de Cronbach; ω = coeficiente omega de McDonald.

lo de dos factores correlacionados conformado por *Quid pro quo* e Indefensión, incluidos en la versión adaptada de SEQ-L y en la escala ISHMA (versión adaptada de las respuestas), sugiere que la organización factorial de estos instrumentos fue semejante en las muestras de trabajadores y trabajadoras agrícolas evaluadas en México y EUA (Tabla 3). La invarianza configuracional indica que la misma estructura factorial básica se reproduce en los grupos comparados, constituyendo el nivel inicial de equivalencia necesario para evaluar etapas posteriores de la invarianza de medida, aunque por sí sola no garantiza la equivalencia de las cargas factoriales ni la comparabilidad de las puntuaciones (Lasker, 2024;

van-de-Schoot y col., 2015). En consecuencia, los resultados del presente estudio aportan evidencia preliminar sobre la estabilidad de la estructura factorial de los constructos evaluados en los contextos analizados; sin embargo, su generalización a otras poblaciones y regiones deberá corroborarse mediante investigaciones adicionales.

A pesar de que todas las escalas alcanzaron invarianza configuracional, la invarianza métrica únicamente se obtuvo para la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil (Tabla 3). Esto indica que, aunque los reactivos tendieron a organizarse de manera semejante en las muestras evaluadas, la magnitud de la relación entre algunos reactivos y los constructos latentes difirió entre México y EUA (van-de-Schoot y col., 2015). En consecuencia, los resultados permiten identificar similitudes en la estructura factorial de las escalas, pero no garantizan la equivalencia de las cargas factoriales, ni la comparabilidad plena de las puntuaciones observadas entre grupos.

Una posible explicación de esas diferencias podría relacionarse con características socioculturales o contextuales de los entornos evaluados, ya que estudios previos han documentado variaciones en la percepción y valoración del acoso sexual laboral en distintos contextos culturales (Early y col., 2025; Reyes-Rocha y Sexsmith, 2024). Sin embargo, el presente estudio no evaluó de manera directa variables culturales específicas, por lo que estas interpretaciones deben considerarse tentativas.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra la procedencia de las muestras poblacionales, trabajadores y trabajadoras agrícolas de localidades específicas de México y EUA, por lo que los resultados podrían reflejar características particulares de dichos contextos y no necesariamente de otras poblaciones agrícolas o laborales. Asimismo, entre ambos países, existen diferencias culturales referentes al acoso sexual. México y EUA reconocen la prevención del acoso sexual como una responsabilidad de las organizaciones, sin embargo, la implementación de mecanismos de prevención, atención y sanción presenta diferencias importantes entre contextos. En México, la Norma Mexicana NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y No Discriminación promueve la adopción de políticas institucionales orientadas a prevenir la discriminación, la violencia laboral y el acoso sexual, así como la creación de procedimientos para la atención de denuncias (INMUJERES, 2024). De manera complementaria, el pronunciamiento "Cero tolerancia al hostigamiento y acoso sexual" impulsado por INMUJERES busca fortalecer la sensibilización, prevención y atención de estas conductas dentro de los espacios laborales y de la administración pública (INMUJERES, 2020; 2024). No obstante, diversos autores han señalado que la implementación de estas medidas continúa siendo desigual, particularmente en sectores laborales con alta vulnerabilidad social, como el agrícola (Kato-Maldonado y Huerta-Moreno, 2022). Por su parte, EUA, en el Título VII del Acta de Derechos Civiles de 1964 prohíbe la discriminación laboral basada en el sexo y constituye el principal fundamento legal para la atención del acoso sexual en el trabajo. Asimismo, desde 1980, la Comisión para la Igualdad de Oportunidades en el Empleo (EEOC, por sus siglas en inglés: *Equal Employment Opportunity Commission*) estableció lineamientos específicos que reconocen el acoso sexual como una forma de discriminación sexual y definen procedimientos para la recepción e investigación de quejas, proporcionando un marco regulatorio consolidado para la protección de las personas trabajadoras (Fitzgerald y Cortina, 2018; U. S. Equal Employment Opportunity Commission, 2024).

El tamaño muestral constituyó otra limitación del estudio, especialmente para la evaluación de modelos factoriales multigrupo y de la invarianza de medida, por lo que los resultados deben interpretarse como evidencia preliminar. Asimismo, la representación de otros grupos ocupacionales, regiones geográficas y poblaciones de mayor edad fue limitada. Y otras diferencias principales fueron los contextos de aplicación de los instrumentos (hogar en

México y lugar de trabajo en EUA), ya que pudieron introducir fuentes adicionales de variabilidad en las respuestas. Por ello, futuras investigaciones deberían examinar la estabilidad de estas estructuras factoriales en muestras más amplias y diversas, así como incorporar variables contextuales que permitan comprender mejor las diferencias observadas entre grupos.

Las diferencias observadas en la invarianza métrica no se concentraron en un único reactivo, sino que se distribuyeron en diversas dimensiones de las escalas evaluadas (Tabla 3). Este patrón sugiere que las discrepancias entre grupos no obedecen a un indicador aislado, sino a variaciones más amplias en la forma en que los reactivos se relacionan con los constructos latentes, lo cual es consistente con la ausencia de invarianza métrica descrita en la literatura metodológica (Lasker, 2024; van-de-Schoot y col., 2015). De manera consistente, tanto en el SEQ-L como en el modelo de dos factores correlacionados *Quid pro quo* e Indefensión y en la escala ISHMA, utilizadas en este trabajo, se observaron diferencias en los pesos factoriales de varios reactivos (Tablas 4 y 5), resultado congruente con la ausencia de invarianza métrica en la mayoría de las dimensiones evaluadas, ya que este nivel de invarianza requiere la equivalencia de las cargas factoriales entre los grupos comparados (Putnick y Bornstein, 2016; van-de-Schoot y col., 2015). Estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de complementar los procesos de adaptación cultural con estudios psicométricos que evalúen explícitamente la equivalencia de las escalas antes de utilizarlas para realizar comparaciones entre grupos (International Test Commission, 2018; van-de-Schoot y col., 2015).

Los resultados del presente trabajo sugieren que, aunque las versiones adaptadas de los instrumentos conservan una organización factorial semejante en las muestras evaluadas, la relación entre algunos reactivos y los constructos latentes difirió entre los grupos, como lo evidencia la ausencia de invarianza métrica en la mayoría de las escalas (Lasker, 2024; van-de-Schoot y col., 2015). El presente estudio no incluyó variables que permitieran explicar las razones de estas diferencias, por lo que cualquier interpretación sobre sus posibles causas excede el alcance de los datos obtenidos.

Los resultados se circunscriben a los contextos laborales incluidos en el presente estudio y deben interpretarse considerando que las escalas fueron modificadas en aspectos relacionados con el formato de respuesta, la redacción de algunos reactivos y su contexto de aplicación. En consecuencia, los hallazgos no constituyen una validación confirmatoria de las versiones originales de los instrumentos, sino una aproximación que permite examinar su comportamiento psicométrico en esta población específica. La generalización de los resultados a otros grupos ocupacionales, regiones geográficas o contextos productivos debe realizarse con cautela y requiere ser corroborada mediante investigaciones con muestras y contextos más diversos.

Las dimensiones que conformaron las escalas evaluadas mostraron niveles de aceptables a excelentes de consistencia interna. No obstante, los coeficientes de alfa de Cronbach y omega de McDonald fueron, en general, más elevados en las dimensiones derivadas del SEQ-L y en el modelo de dos factores correlacionados *Quid pro quo* e Indefensión que en la escala ISHMA (Expósito y col., 2014). Las diferencias observadas en los coeficientes de fiabilidad deberán examinarse en futuras investigaciones con muestras más amplias y diversas.

La exclusión de la dimensión “motivos ulteriores ocultos” pone de manifiesto la necesidad de continuar evaluando el funcionamiento psicométrico de esta dimensión en poblaciones agrícolas y en contextos socioculturales distintos de aquellos en los que fue desarrollada originalmente, así como en muestras más amplias.

La adaptación de las escalas implicó modificaciones en el formato de respuesta, la redac-

 CienciaUAT. 20(2): 127-144 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2045

ción de algunos reactivos y las condiciones de aplicación, por lo que los instrumentos utilizados corresponden a versiones adaptadas de las escalas originales. Adicionalmente, la participación de personas hablantes de purépecha requirió ajustes durante el proceso de aplicación que no fueron evaluados de manera específica en términos de equivalencia lingüística. Dado que las escalas utilizadas corresponden a versiones adaptadas y que el presente estudio tuvo un carácter exploratorio, no es posible establecer si el comportamiento de las mismas, obedece a las modificaciones realizadas durante el proceso de adaptación, a las características de la población estudiada o a otros factores metodológicos.

En conjunto, este estudio aporta evidencia metodológica sobre los desafíos asociados a la evaluación del acoso sexual laboral en personas trabajadoras agrícolas de México y EUA, proporcionando elementos útiles para futuras investigaciones orientadas al desarrollo y adaptación de instrumentos culturalmente pertinentes y psicométricamente sólidos. Asimismo, representa una de las primeras aproximaciones que adapta y evalúa escalas previamente utilizadas en población latina residente en EUA para su aplicación en trabajadores y trabajadoras agrícolas de ambos países, contribuyendo a ampliar el conocimiento disponible sobre la medición de este fenómeno en contextos laborales con características particulares y de difícil acceso para la investigación. No obstante, estos aportes deben interpretarse considerando que las escalas utilizadas fueron objeto de diversas adaptaciones en su contenido, formato de respuesta y contexto de aplicación. En consecuencia, los resultados corresponden a la evaluación de versiones adaptadas de los instrumentos originales y deben entenderse como evidencia inicial sobre su funcionamiento psicométrico en las muestras estudiadas. Desde esta perspectiva, el estudio aporta no solo resultados empíricos, sino también aprendizajes metodológicos relevantes para el desarrollo de investigaciones transculturales y para la evaluación de constructos sensibles en contextos laborales diversos.

CONCLUSIONES

Las escalas adaptadas para el presente trabajo fueron equivalentes a nivel configuracional aunque no métrico, con excepción de la dimensión Ambiente laboral sexualmente hostil. Esto representa un punto de partida para futuras investigaciones sobre acoso y hostigamiento sexual en el ambiente laboral, específicamente con personas dedicadas al trabajo agrícola. En términos prácticos, los hallazgos sugieren que, aunque las dimensiones del fenómeno se organizan de manera similar entre los grupos, la forma en que los ítems se relacionan con los constructos difiere entre contextos, lo que limita la comparabilidad directa de los resultados. En este sentido, las escalas utilizadas y creadas en la presente investigación pueden integrarse en nuevas baterías ajustándolas a las necesidades y particularidades de los estudios que se requieran realizar a futuro.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El proyecto de investigación fue aprobado por un comité de ética de la Universidad de California en EUA (UCD IRB No. 946036-6) y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en México. Todos los participantes recibieron información del proyecto y firmaron una carta de consentimiento informado.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte de una línea de investigación sobre trabajadores agrícolas de México y EUA. A quienes participaron en este estudio y a los integrantes de las mesas consultivas, así como a Lizeth Guadalupe Martínez Servín, reciban un agradecimiento especial. También se agradecen las aportaciones de las personas que evaluaron este artículo cuyas observaciones y retroalimentación contribuyeron a la mejora del mismo.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo se pudo lograr con la ayuda financiera del Programa de Investigación en Mi-

gración y Salud (PIMSA), el *Western Center for Agricultural Health and Safety*, y el *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) Training Grant T42-OH008429.

REFERENCIAS

Andrade-Rubio, K. L. (2016). Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas. *CienciaUAT*, 11(1), 22-36.

Bandalos, D. L. & Finney, S. J. (2018). Factor analysis: Exploratory and confirmatory. In G. R. Hancock & R. O. Mueller (Eds.), *Reviewer's Guide to Quantitative Methods*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315755649

California Government Code §12940 (2024). *Fair Employment and Housing Act*. California Legislative Information. [En línea]. Disponible en: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes.xhtml. Fecha de consulta: 21 de agosto de 2026.

Cámara de Diputados (2024). Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, en *Diario Oficial de la Federación*. [En línea]. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVLV.pdf. Fecha de consulta: 12 de junio de 2025.

Castillo, L. G., González, P., Merz, E. L., Nuñez, A., Castañeda, S. F., Buelna, C., Ojeda, L., Giachello, A. L., Womack, V. Y., Garcia, K. A., Penedo, F. J., Talavera, G. A., & Gallo, L. C. (2021). Factorial invariance of the marianismo beliefs scale among Latinos in the Hispanic community health study/study of Latinos sociocultural ancillary study. *Journal of Clinical Psychology,* 77(1), 312-328. https://doi.org/10.1002/jclp.23031

Cheung, G. W. & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 9(2), 233-255. https://doi.org/10.1207/s15328007sem0902_5

Colorado-Romero, J. R., Romero-Montoya, M., Salazar-Medina, M., Cabrera-Zepeda, G. y Castillo-Intriago, V. R. (2025). Análisis comparativo de los coeficientes alfa de Cronbach, omega de McDonald y alfa ordinal en la validación de cuestionarios. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(4), 2738–2755. https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i4.836

Cortina, L. M. (2001). Assessing sexual harassment among Latinas: Development of an instrument. *Cultural Diversity and Ethnic Minority Psychology*, 7(2), 164-181. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1099-9809.7.2.164

De-Almeida-Filho, N. (2020). Etnoepidemiología y salud mental en Latinoamérica. *Salud Colectiva*, 16(e2786), 1-25. https://doi.org/10.18294/sc.2020.2786

Early J. O., Gordon-Dseagu, V. L., Breckwich-Vásquez, V., Prado, K., & Drury, D. (2025). Exploring sexual harassment in agriculture from a socio-ecological perspective: A scoping review. *Health Promotion Practice*, 26(5), 1004-1022. doi:10.1177/15248399241305393

Expósito, F., Herrera, A., Valor-Segura, I., Herrera, M. C., & Lozano, L. M. (2014). Spanish adaptation of the Illinois Sexual Harassment Myth Acceptance. *The Spanish Journal of Psychology,* 17(40), 1-13. https://doi.org/10.1017/sjp.2014.42

Farah, N., Afzal, S., & Khan, I. A. (2022). Prevalence of sexual harassment among women agricultural laborers and perceived impacts on their physical & mental health. *Pakistan Journal of Educational Research (PJER),* 5(2), 115-128. https://doi.org/10.52337/pjer.v5i2.521

Fitzgerald, L. F. & Cortina, L. M. (2018). Sexual harassment in work organizations: A view from the 21st century. In C. B. Travis, J. W. White, A. Rutherford, W. S. Williams, S. L. Cook, & K. F. Wyche (Eds.), *APA handbook of the psychology of women: Perspectives on women's private and public lives* (pp. 215-234). American Psychological Association. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0000060-012

Fitzgerald, L. F., Shullman, S. L., Bailey, N., Richards, M., Swecker, J., Gold, Y., Ormerod, M., & Weitzman, L. (1988). The incidence and dimensions of sexual harassment in academia and the workplace. *Journal of Vocational Behavior*, 32(2), 152-175. https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/0001-8791(88)90012-7

Henry, C. & Adams, J. (2018). Spotlight on sexual violence and harassment in commercial agriculture: Lower and middle income countries. International Labor Office. [En línea]. Disponible en: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40dgreports/%40inst/documents/publication/wcms_630672.pdf. Fecha de consulta: 11 de marzo de 2026.

Hofstede, G., Hofstede, G. J. y Minkov, M. (2010). Culturas y organizaciones: El software de la mente. *La cooperación intercultural y su importancia para la supervivencia* (Tercera edición). McGraw Hill.

Hu, L. T. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal,* 6(1), 1-55. https://doi.org/10.1080/10705519909540118

INMUJERES, Instituto Nacional de las Mujeres (2020). Cero tolerancia al hostigamiento sexual y al acoso sexual. [En línea]. Disponible en:http://cerotolerancia.inmujeres.gob.mx. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2025.

INMUJERES, Instituto Nacional de las Mujeres (2024). Norma Mexicana NMX R 025 SCFI 2015 en Igualdad Laboral y No Discriminación. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/inecc/documentos/norma-mexicana-en-igualdad-laboral-y-no-discriminacion-nmx-r-025-scfi-2015-254618?idiom=es. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2025.

International Test Commission (2018). The ITC guidelines for translating and adapting tests (Second edition). *International Journal of Testing,* 18(2), 101–134. https://doi.org/10.1080/15305058.2017.1398166

Kato-Maldonado, L. y Huerta-Moreno, G. (2022). Carencia alimentaria, cadenas productivas y políticas públicas para el sector agrícola en México. Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo. *Cuadernos de Trabajo de la UACJ, 67,* 3-26. https://doi.org/10.20983/epd.2022.67.1

Kim, N. J. E., Vásquez, V. B., Torres, E., Nicola, R. B., & Karr, C. (2016). Breaking the silence: sexual harassment of Mexican women farmworkers. Journal of Agromedicine. 21(2), 154-162. https://doi.org/10.1080/1059924X.2016.1143903

Lasker, J. (2024). Measurement invariance testing works. *Applied Psychological Measurement,* 48(6), 257-275. https://doi.org/10.1177/01466216241261708

Lonsway, K. A., Cortina, L. M., & Magley, V. J. (2008). Sexual harassment mythology: Definition, conceptualization, and measurement. *Sex roles: A Journal of Research*, 58(9-10), 599-615. https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11199-007-9367-1

Marsh, H. W., Hau, K., & Wen, Z. (2004). In Search of Golden Rules: Comment on Hypothesis-Testing Approaches to Setting Cutoff Values for Fit Indexes and Dangers in Overgeneralizing Hu and Bentler's Findings. *Structural Equation Modeling,* 11, 320-341. http://dx.doi.org/10.1207/s15328007sem1103_2

Muthén, L. & Muthén, B. O., (2017). *Mplus User's Guide* (Eigth edition). Los Angeles, CA OIT, Organización Internacional del Trabajo (2024). Guía de prevención y trato del acoso sexual, laboral y violencia en el trabajo. Fundación Chile Mujeres. [En línea]. Disponible en: 07/GUIA%20DE%20PREVENCIOI%CC%80%C2%81N%20Y%20TRATO%20DEL%20ACOSO%20SEXUAL%2C%20LABORAL%20Y%20VIOLENCIA%20EN%20EL%20TRABAJO.pdf. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2025.

OIT, Organización Internacional del Trabajo (2024). Guía de Prevención y Trato del Acoso Sexual, Laboral y Violencia en el Trabajo. Fundación Chile Mujeres. [En línea]. Disponible en: 07/GUIA%20DE%20PREVENCIOI%CC%80%C2%81N%20Y%20TRATO%20DEL%20ACOSO%20SEXUAL%2C%20LABORAL%20Y%20VIOLENCIA%20EN%20EL%20TRABAJO.pdf. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2025.

Prado, K. Y., Rivera-Heredia, M. E., & McCurdy, S. A. (2024). Sexual harassment beliefs and myth acceptance among Hispanic and Indigenous farmworkers in California (USA) and Michoacán (Mexico), *Violence Against Women,* 30(15-16), 4059-4079. https://doi.org/10.1177/10778012231203004

Prado, K. Y., Rivera-Heredia, M. E., Martínez-Servín,

L. G., Guzmán-Carrillo, K. Y., & McCurdy, S. A. (2020). "It's wrong because it could be my sister, wife, or mother": Workplace sexual harassment among men and women farmworkers in USA, and México. *Journal of Agromedicine*, 26(2), 220-230. https://doi.org/10.1080/1059924X.2020.1825245

Putnick, D. L. & Bornstein, M. H. (2016). Measurement invariance conventions and reporting: The state of the art and future directions for psychological research. *Developmental Review*, 41, 71–90. https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.004

Reyes-Rocha, F. A. & Sexsmith, K. (2024). Workplace sexual harassment in waged agricultural employment: A literature review. *Journal of Agromedicine*, 29(3), 516-530. https://doi.org/10.1080/1059924X.2024.2338857

Rivera-Heredia, M. E., Andrade-Palos, P., Fuentes-Balderrama, J., & Zayas, L. H. (2024). Invarianza de la Escala de Evaluación de las Relaciones Intrafamiliares en padres con y sin migración de retorno y salud mental. *Enseñanza e Investigación en Psicología Nueva Época*, 6(Migraciones), 42-55. https://doi.org/10.62364/cneip.6.2024.193

U. S. Equal Employment Opportunity Commission (2024). *Title VII of the Civil Rights Act of 1964*. [En línea]. Disponible en: https://www.eeoc.gov/statutes/title-vii-civil-rights-act-1964. Fecha de consulta: 21 de agosto de 2025.

Valle-Villalobos, L., Rivera-Heredia, M. E. y Cervantes-Pacheco, E. I. (2022). Migración y aprendizajes de género en torno a la salud sexual en una comunidad rural de Michoacán. Eguiluz-Cárdenas, I. y Méndez-Rodríguez, A. (Eds.), *Migración y género: experiencias en México e Iberoamérica* (107-128). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones económicas.

Van-de-Schoot, R., Schmidt, P., De-Beuckelaer A., Lek, K., & Zondervan-Zwijnenburg, M.(2015), Measurement invariance, *Frontiers in Psychology,* 6 https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01064

Viladrich, C., Angulo-Brunet, A. y Doval, E. (2017). Un viaje alrededor de alfa y omega para estimar la fiabilidad de consistencia interna. *Anales de Psicología,* 33(3), 755. https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.268401

Relación de la delincuencia en la mortalidad de negocios y empresas en el Perú. Análisis econométrico

Impact of crime on business and company mortality in Peru. An econometric analysis

Juan Celestino León-Mendoza*

RESUMEN

Perú atraviesa un marcado crecimiento en actividades delictivas, con un explosivo aumento de las extorsiones a negocios y empresas. Asimismo, se observa un incremento en la mortalidad de establecimientos comerciales. El objetivo de este trabajo fue determinar si la creciente inseguridad, asociada a la delincuencia, influyó en el aumento de mortalidad de negocios y empresas en Perú. Se realizaron estimaciones econométricas durante 2014 a 2022, con datos de panel, utilizando modelos de efectos fijos y aleatorios, que incluyeron las variables de control inflación, pobreza, gasto de gobierno, PIB per cápita, y uso de internet. Se aplicó el test de causalidad de Granger, para especificar si la relación causal entre los delitos contra el patrimonio y los delitos contra la vida, el cuerpo y la salud (VCS) con la mortalidad de negocios y empresas era unidireccional o bidireccional, utilizando el método Dumitrescu-Hurlin. El modelo de efectos fijos mostró mayor capacidad predictiva. Los resultados econométricos evidenciaron que, por cada incremento de una unidad en la tasa de delitos contra el patrimonio y la tasa de delitos contra la VCS, la tasa de mortalidad de negocios y empresas aumentó en 0.290 4 y 0.379 7 puntos, respectivamente. Del mismo modo, el test de causalidad de Granger reveló la existencia de una relación unidireccional de los delitos contra el patrimonio y los delitos contra la VCS hacia la mortalidad empresarial, evidenciando que ambas variables presentan precedencia temporal y capacidad predictiva sobre esta última. El presente estudio destaca la relevancia de reducir los niveles de delincuencia e inseguridad ciudadana para mitigar el mortalidad de negocios y empresas en Perú, dada la significancia estadística de los parámetros estimados y la relación predictiva de tipo Granger identificada entre las primeras variables y la segunda.

PALABRAS CLAVE: delincuencia, mortalidad de negocios, Perú, análisis econométrico.

ABSTRACT

Peru is experiencing marked growth in criminal activity, with an explosive increase in extortion of businesses and companies. A significant increase in the mortality rate of business has also been observed. This article aimed to determine whether crime influenced the increase in business and company mortality in Peru. Econometric estimates were performed during 2014 to 2022, with panel data, using fixed and random effects models. Granger causality tests were also administered, to specify whether there is a unidirectional or bidirectional causal relationship between property crimes and crimes against life, body and health (LBH) crimes with the business and company mortality using the Dumitrescu-Hurlin method. The econometric results show that, for every one unit increase in the property crime rate and the crime rate against LBH, the business mortality rate increases by 0.290 4 and 0.379 7 points, respectively. Similarly, Granger causality tests revealed a unidirectional relationship between property crime rate and crime against LBH and business and company mortality, demonstrating that both variables have temporal precedence and predictive capacity for the latter. This study highlights the importance of reducing crime and insecurity levels to mitigate business and company mortality in Peru, given the statistical significance of the estimated parameters and the Granger predictive relationship identified between the former and the latter.

KEYWORDS: crime, business mortality, Peru, econometric analysis.

***Correspondencia:** jleonm@unmsm.edu.pe**/Fecha de recepción:** 15 de agosto de 2025**/Fecha de aceptación:** 3 de julio de 2026**/Fecha de publicación:** 7 de julio de 2026.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Económicas, Jr. Flora Tristán núm. 501, San Isidro, Lima, Perú, C. P. 15076.

INTRODUCCIÓN

En Perú, según información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2025a), la extorsión a negocios experimentó un notable incremento en el año 2024, en comparación con 2014. Por otro lado, de acuerdo a la citada institución (INEI, 2025b), para el mismo período, también se observó un aumento significativo en el número de "mortalidad de negocios" (cierres definitivos y temporales de negocios).

En este marco de una tendencia creciente de la delincuencia y la mortalidad de negocios a nivel nacional, se observan grandes diferencias en los mismos entre los 24 departamentos que conforman políticamente el Perú. Por ejemplo, en el año 2024, el departamento de Lambaye registró una tasa de delincuencia de 346.2 delitos por cada 10 000 habitantes, mientras que en Huancavelica la tasa fue de solo 71.6. En lo que respecta a la mortalidad de negocios, Arequipa presentó una tasa de 150.5 de mortalidad de negocios por cada 10 000 habitantes, mientras que Amazonas registró una tasa de apenas 6.9 (INEI, 2025a; 2025b).

En el ámbito internacional, las investigaciones señalan que la delincuencia y la criminalidad tienen efectos negativos sobre la actividad económica en general (Lens y Meltzer, 2016), ocasionando bancarrotas y, en muchos casos, forzando a las empresas a salir del mercado o a cambiar su modelo de negocio (Urquillas y Flores, 2020; Tamara y Villegas, 2021).

La actividad delictiva genera la mortalidad de negocios y empresas (NyE) tanto de manera directa como indirecta. Esto ocurre a través de varios mecanismos, entre los cuales se encuentran: la quiebra (Sánchez y Medina, 2023), las dificultades que afectan la comercialización y ventas (Hernández y col., 2023), la disminución de utilidades y rentabilidad (Beltrán y col., 2022), la reducción del crecimiento económico (Mohammed, 2022), la influencia negativa sobre la competitividad empresarial (Soria, 2017), la reducción de la eficiencia técnica y de la propensión a invertir en las empresas (Forgione y Migliardo, 2023), la muerte del propietario (Jasso, 2012), la destrucción del empleo, especialmente en micro y pequeñas empresas (Moreno y Saucedo, 2020), el aumento de la variabilidad de las ganancias y el costo de financiamiento (Brushwood y col., 2016), la reducción de la productividad tanto empresarial como laboral (Pinazo, 2021), la caída en la confianza empresarial (Almeida y Montes, 2020), desalientos a la inversión (González y col., 2022), y la generación de costos asociados a litigios y medidas de seguridad (Martínez y col., 2021). Incluso, estos costos pueden derivarse de delitos internos y de la deshonestidad de los propios trabajadores de las empresas (Bressler y Bressler, 2007).

La baja de los NyE debido a la delincuencia ocurre como un evento final, después de que los propietarios inicialmente responden con cierres parciales, reducciones en el horario de atención y disminución de las ventas. Frente a la gravedad de la delincuencia, algunos propietarios optan por reubicar el negocio o cerrarlo, ya sea de manera temporal o definitiva, si lo consideran necesario (Sánchez y col., 2023; Phori y col., 2024).

Si bien, las investigaciones sobre la relación entre delincuencia y mortalidad de NyE muestran que la primera influye en la mortalidad de NyE, también existen estudios que sugieren una relación en sentido contrario. Es decir, la mortalidad de NyE puede inducir la generación de delitos. La decisión de cesar la actividad empresarial suele arrojar a los propietarios, trabajadores y sus familias a situaciones de desempleo y pobreza, factores que pueden contribuir a inducirlos a ocuparse en actividades involuntarias de robo y extorsión por necesidad. Así, estudios como los de Hendris y Sharp (2025) para Nigeria, Anser y col. (2020) para un grupo de 16 países, Vázquez y Olivares (2020) para México, y Wang y Hu (2022) para China, señalan que el aumento en la tasa de desempleo contribuye a elevar la delincuencia y la criminalidad. En la misma línea, diversas investigaciones indican que la pobreza también fomenta la gestación de delitos y críme-

 CienciaUAT. 20(2): 145-162 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2051

nes (Dong y col., 2020; Mujahid y col., 2020; Sugiharti y col., 2023).

En relación a la literatura empírica, específica sobre la relación entre la delincuencia y la mortalidad de NyE, en el ámbito internacional existen escasos estudios al respecto. Entre ellos se puede mencionar el trabajo de Marais y col. (2022) sobre empresas mineras en Sudáfrica, donde encontraron que la delincuencia sexual y los delitos contra la propiedad estaban asociados a la disminución de la actividad minera. En la misma línea, se pueden citar los estudios de Perrone (2000) para Australia, Regenburg y Seitz (2021) para Dinamarca, y Milica y Marija (2022) para Serbia.

El objetivo de este estudio fue determinar econométricamente la influencia de la delincuencia en la mortalidad de negocios y empresas en Perú, así como evaluar, mediante un test de causalidad, si existe una relación predictiva unidireccional o bidireccional entre ambos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

La investigación fue de tipo no experimental, cuantitativa y analítica. Utilizando información de datos panel, de fuente secundaria, se estimó estadísticamente la influencia de variables económicas y la ola delincuencial en la tasa de mortalidad de NyE.

Operacionalización del estudio

Se consideró como variable dependiente la mortalidad de NyE, y como variables independientes a los dos tipos de delitos más importantes en el Perú, por número de casos y relevancia directa para la actividad de negocios: el delito contra el patrimonio y el delito contra la VCS (INEI, 2025a). Asimismo, se incluyeron como variables de control factores relevantes del contexto departamental, que también suelen ser considerados condicionantes de la mortalidad de NyE: el producto interno bruto (PIB) per cápita, que determina la evolución y tamaño del mercado (Vokoun y col., 2024); la inflación, que distorsiona los precios relativos y genera incertidumbre (Zizi y col., 2022); el gasto de gobierno, que puede generar el efecto desplazamiento del sector privado (Ben y col., 2021); la pobreza económica, que retrae las ventas (Morris y col., 2022); y el uso de internet, que minimiza la probabilidad de mortalidad de NyE (Muzi y col., 2023).

Mortalidad de negocios y empresas

La información sobre la población departamental para la variable dependiente e independientes se obtuvo de las estimaciones elaboradas por el INEI (2025c), basada en los Censos Nacionales de 2007 y 2017. La magnitud de la mortalidad de NyE se representó mediante una tasa, definida como el número anual de NyE dadas de baja por cada 10 000 habitantes en cada departamento. El número de NyE dadas de baja de forma definitiva y temporal por departamento fue recopilado a partir de los Informes Técnicos Trimestrales sobre Demografía Empresarial elaborados por el INEI (2025b).

Delitos contra el patrimonio

El delito contra el patrimonio en Perú incluye, como casos más frecuentes, el hurto, el robo, los delitos informáticos, la estafa y la extorsión. Se trabajó con la tasa anual de delitos contra el patrimonio, definida como la cantidad de este tipo de delitos por cada 10 000 habitantes en cada departamento (INEI, 2025a).

Delitos contra la vida, el cuerpo y la salud (VCS)

De acuerdo al INEI (2025a), este delito incluye como casos más frecuentes, las lesiones y los homicidios. Se cuantificó como tasa anual de delitos contra VCS por cada 10 000 habitantes en cada departamento.

Producto interno bruto per cápita

Se elaboró dividiendo el PIB a precios constantes del año 2007 entre la población. El citado PIB fue tomado de INEI (2025d) y la población de INEI (2025c). El efecto de esta variable es inverso, dado que un mayor nivel de este indicador incrementa la demanda y el tamaño del mercado, reduciendo así la probabilidad de fracaso de los NyE (Yang, 2018; Vokoun y col., 2024).

Inflación

Se cuantificó como la variación porcentual del índice de precios al consumidor en cada departamento. Sus valores se obtuvieron del INEI (2025e). La inflación de precios, mediante la distorsión de los costos y precios relativos, además de generar inestabilidad e incertidumbre económica, contribuye a la mortalidad de NyE (Zizi y col., 2022).

Gasto del gobierno

Se estimó mediante el gasto del sector público como porcentaje del PIB departamental para cada año. El citado gasto comprende la sumatoria del gasto del gobierno central, regional y local en cada departamento. La información del gasto gubernamental fue extraída del Ministerio de Economía y Finanzas (2025). El gasto del gobierno, en la medida en que desplace la inversión del sector privado, puede fomentar el desaliento y el cierre empresarial (Ben y col., 2021).

Pobreza económica

Se midió como el porcentaje de la población departamental con al menos una necesidad básica insatisfecha, de acuerdo con los datos publicados por INEI (2025f). La pobreza, cuya presencia o expansión se traduce en menores ventas, coadyuva a la quiebra empresarial (Morris y col., 2022).

Uso de Internet

Se consideró el porcentaje de la población económicamente activa ocupada que utiliza internet, el mismo que fue elaborado por INEI (2025g). El uso de internet mejora la eficiencia de la gestión y facilita las ventas, contribuyendo al éxito de los negocios y, por ende, reduce la posibilidad de su salida del mercado (Núñez, 2020).

Periodo de estudio

El estudio abarcó a los 24 departamentos en que se divide políticamente Perú. El análisis descriptivo a nivel nacional de ambos tipos de delitos comprendió el periodo 2014 a 2024, en tanto que en las estimaciones econométricas se utilizó la información anual correspondiente al periodo 2014 a 2022. Esto permitió trabajar con datos macroeconómicos departamentales de panel balanceado, conformados por 24 unidades transversales y 9 periodos temporales, totalizando 216 observaciones. No fue posible extender el análisis econométrico a un periodo más largo debido a la inexistencia de registros sobre la mortalidad de NyE para años anteriores a 2014 y a la falta de información departamental de algunas variables incluidas en el estudio para los años 2023 y 2024.

Procesamiento estadístico

Las estimaciones estadísticas de los datos de panel balanceado se realizaron utilizando el modelo de efectos fijos y el modelo de efectos aleatorios de acuerdo con lo estipulado por Moral y Pérez (2024). Posteriormente, apoyado en Mutl y Pfaffermayr (2011), que indican que el test de Hausman (1978) también puede funcionar bien aún en paneles pequeños, se aplicó el citado test para estimar la adecuación de cada uno de los dos modelos, el cual indicó que el modelo de efectos fijos era más pertinente que el de efectos aleatorios.

Se evaluó el grado de consistencia de la estimación realizada, mediante las pruebas de heteroscedasticidad, autocorrelación y de multicolinealidad. Asimismo, dado que las series no eran completamente estacionarias, con el objetivo de determinar si el resultado obtenido no era espurio o falso, se aplicó el test de raíz unitaria a los residuos (Baltagi, 2021). Estos análisis indicaron que dicho modelo presentaba ligeros grados de autocorrelación y heteroscedasticidad. Por ello, teniendo en cuenta lo propuesto por Bailey y Katz (2011) para casos en los que el número de observaciones transversales (24 departamentos) es mayor que el número de observaciones temporales (9 años), las estimaciones finales se realizaron utilizando el método *Cross-section weights* (PCSE) *standard errors & covariance (d.f. corrected)*. Este método permitió corregir la heterocedasticidad y la correlación contemporánea entre los departamentos, y generar errores estándar más consistentes.

Mediante el estadístico Durbin-Watson, que determina la ausencia de autocorrelación serial en los residuos, se estableció que los errores estimados eran independientes entre sí, al obtener un valor de 1.919, el cual se encuentra dentro del rango de 1.85 a 2.15. También se aplicó el test del Factor de Inflación de Varianza (VIF: por sus siglas en inglés: Variance Inflation Factor), prueba que permite establecer multicolinealidad y que fueron estimados mediante la fórmula:

$$VIF = 1/(1 - R^2)$$

Donde:
R^2 = el coeficiente de determinación obtenido a partir de la regresión de cada variable independiente contra el conjunto del resto de variables explicativas.

Los valores del VIF > 10 indican que hay presencia de multicolinealidad, por lo que los coeficientes de regresión asociados estarán mal estimados (Wooldridge, 2015).

Finalmente, con el fin de especificar si la relación causal entre los delitos contra el patrimonio y los delitos contra la VCS con la mortalidad de NyE era de carácter unidireccional o bidireccional, se aplicó el test de causalidad de Granger. Se utilizó el método de Dumitrescu y Hurlin (2012) con 1 rezago, debido a que resulta adecuado para paneles en los que el número de unidades transversales es mayor que el número de observaciones temporales, especialmente cuando la dimensión temporal es relativamente corta.

Las estimaciones econométricas y los diferentes tests aplicados se ejecutaron con el paquete estadístico EViews 13.

RESULTADOS

Tasa de criminalidad y mortalidad de NyE en el periodo

A nivel nacional, en el periodo 2014 a 2024 (Tabla 1), se observó un fuerte incremento tanto en la delincuencia total (103.7 %) como en los dos tipos de delitos más importantes, por número de casos: los delitos contra el patrimonio (101.3 %) y los delitos contra la VCS (183.9 %). Asimismo, en un escenario en el que también hubo un gran incremento en la mortalidad de NyE (977.8 %), se destaca un

Tabla 1. Perú. Evolución del número de casos de delincuencia y cierre de negocios, 2014 a 2024.
Table 1. Peru. Evolution of the number of crime trends and business closures, 2014 to 2024.

Variable	2014	2024	Variación porcentual (%)
Delitos totales	278 184	566 678	103.7
Contra el patrimonio	185 015	372 475	101.3
*Hurto	89 599	179 450	100.3
*Robo	77 600	77 204	-0.5
*Estafas	4 757	33 243	498.8
*Delitos informáticos	210	24 761	11 690.9
*Extorsión	824	17 378	2 008.9
*Resto	12 025	40 439	236.3
Contra la vida, cuerpo y la salud	27 582	78 309	183.9
*Homicidios	2 292	5 163	125.3
*Lesiones	24 806	72 447	192.1
*Resto	484	699	44.4
Otros delitos	65 587	115 894	76.7
	2014	2022	
Cierre de negocios y empresas*	46 370	499 773	977.8

*Los datos de esta variable solo estaban disponibles hasta 2022.

crecimiento espectacular en el número de extorsiones (2 008.9 %).

Una visualización de la evolución de la tasa delictiva entre los años 2014 a 2024, reveló que, a nivel de cada uno de los departamentos peruanos, el incremento de los delitos contra el patrimonio fue muy heterogéneo, lo mismo que en el caso de los delitos contra la VCS (Tabla 2). A nivel nacional, la tasa de delitos contra el patrimonio se elevó de 72.9 delitos por cada 10 000 habitantes en el año 2014 a 139.8 en 2024, en tanto que, en el caso de los delitos contra la VCS, de 11.9 a 15.7 (INEI, 2025a).

En la Tabla 2, se puede observar que todos los departamentos experimentaron un crecimiento en la tasa de delitos contra el patrimonio. En el caso de los delitos contra la VCS, el aumento también se registró en casi todos los departamentos, siendo Cusco y Lima las excepciones.

Los cinco departamentos que registraron el mayor aumento de delitos contra el patrimonio se ubican en la región de la sierra (Puno, Huánuco, Cajamarca, Junín y Ayacucho), mientras que los dos con el menor crecimiento se localizan en la Costa (Tumbes e Ica). El departamento con el mayor incremento delincuencial

Tabla 2. Evolución de la tasa de delitos y el promedio de la tasa de cierre de negocios por departamentos, 2014 a 2024.
Table 2. Evolution of the crime rate and the average business closure rate by departments, 2014 to 2024.

Departamento	Variación de la tasa de delitos 2014 a 2024 (%)		Tasa de cierre de negocios Promedio 2014 a 2024
	Contra el patrimonio	Contra la VCS	
Amazonas	118.0	151.7	21.9
Áncash	113.2	74.1	64.4
Apurímac	188.5	90.6	30.6
Arequipa	115.7	1.6	122.5
Ayacucho	256.7	31.1	52.5
Cajamarca	286.2	201.8	45.7
Cusco	51.8	-34.0	84.5
Huancavelica	55.7	97.7	49.9
Huánuco	332.6	383.8	49.0
Ica	27.3	45.8	64.3
Junín	258.7	76.9	65.5
La Libertad	124.2	14.5	77.8
Lambayeque	214.3	134.7	40.2
Lima	64.3	-0.2	59.0
Loreto	167.3	15.4	69.5
Madre de Dios	59.9	28.3	162.0
Moquegua	113.6	156.2	77.4
Pasco	88.7	70.1	63.1
Piura	101.1	33.8	57.6
Puno	364.4	46.1	68.9
San Martín	115.9	78.3	64.4
Tacna	140.9	12.5	85.3
Tumbes	1.8	30.3	58.9
Ucayali	57.8	45.2	86.5

CienciaUAT. 20(2): 145-162 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2051

se encuentra en la sierra (Puno), mientras que el de menor incremento se ubica en la Costa (Tumbes).

También se observaron grandes diferencias departamentales en la magnitud de la mortalidad de cierre de NyE. Así, durante el periodo estudiado, el promedio de la tasa de mortalidad de NyE fue de 162 por cada 10 000 habitantes en el departamento de Madre de Dios y de 21.9 en el departamento de Amazonas. Finalmente, cinco de los siete departamentos con la mayor tasa de mortalidad de NyE se ubican en la región sur del Perú: Madre de Dios, Arequipa, Tacna, Cusco y Moquegua.

Dado que, por un lado, los cinco departamentos con mayor crecimiento en los delitos contra el patrimonio se ubican en la sierra y, por otro lado, dos de los departamentos con la mayor tasa de mortalidad de NyE (Madre de Dios y Arequipa) se localizan aproximadamente en la sierra sur, se advierte la posible existencia de una ligera asociación directa entre la delincuencia y la mortalidad de NyE.

Análisis inferencial

El análisis estadístico determinó que las variables independientes consideradas en el estudio no estaban correlacionadas entre sí (valor menor al 80 %), por lo que no presentaron problemas potenciales de multicolinealidad, propiedad importante en los estudios de estimación econométrica (Nyström, 2007).

En las estimaciones finales efectuadas (Tabla 3) se observó que, con el modelo de efectos fijos, los delitos contra el patrimonio y los delitos contra la VCS fueron significativos ($P \leq 0.10$ y $P \leq 0.05$, respectivamente). En el caso del modelo de efectos aleatorios, ninguna de estas dos variables mostró significancia estadística. Adicionalmente, el test de Hausman, con un valor de un chi cuadrado de 37.574 84, el grado de libertad de 8 y probabilidad ≤ 0.05 permitió establecer que el modelo de efectos fijos era el más apropiado para evaluar el efecto de las variables independientes estudiadas en la mortalidad de NyE.

El R^2 intra grupos (within) de 46.3 % estimado con efectos fijos indica que el modelo explica ese porcentaje de variación intradepartamental de la mortalidad empresarial. Este valor moderado es aceptable y usual en modelos de efectos fijos debido a que la transformación del modelo elimina la variación entre los departamentos (Greene, 2020).

Tabla 3. Resultados de las estimaciones estadísticas.
Table 3. Results of statistical estimates.

Variables explicativas	Efectos fijos		Efectos aleatorios	
	Coeficiente	Probabilidad	Coeficiente	Probabilidad
Cierre de negocios rezagado (-1)	0.289 044	0.095 3	0.695 409	0.000 0
Delitos contra el patrimonio	0.290 360	0.061 7	0.082 591	0.358 4
Delitos contra la vida, el cuerpo y la salud	0.379 724	0.029 9	0.411 484	0.363 5
Producto interno bruto per cápita	-0.002 005	0.135 0	0.000 109	0.665 0
Inflación	2.402 795	0.009 7	3.838 291	0.000 1
Gasto de gobierno	-117.124 3	0.035 5	-29.205 56	0.304 7
Pobreza económica	3.577 142	0.000 0	0.3889 59	0.052 7
Uso de Internet	-0.065 582	0.758 5	-0.056 901	0.717 5
Intercepto	-27.587 89	0.468 6	-11.184 55	0.538 3
R^2 (%)	46.3		30.7	
Estadístico F	4.457		10.157	
Durbin-Watson	1.919		1.822	

En el modelo de efectos fijos, el signo positivo de los parámetros hallados, tanto para el delito contra el patrimonio como para el delito contra la VCS, indica que estos delitos tienen una relación positiva con la mortalidad de NyE; es decir, un incremento en ambos delitos se asocia con una mayor tasa de mortalidad empresarial. Los resultados indican que, por cada incremento en una unidad en la tasa de delitos contra el patrimonio, se produce un incremento de 0.290 4 puntos en la tasa de mortalidad de NyE; y por cada aumento en una unidad en la tasa de delitos contra la VCS, la mortalidad de los NyE aumenta en 0.379 7 puntos.

El coeficiente de la tasa de mortalidad rezagada presentó un signo positivo con significancia estadística ($P \leq 0.10$), lo que indica que la mortalidad de NyE ocurridos en periodos anteriores contribuyen a la mortalidad empresarial en períodos posteriores.

La inflación y la pobreza fueron significativas ($P \leq 0.01$), al igual que el gasto de gobierno ($P \leq 0.05$). En los casos de la inflación y la pobreza, la relación fue positiva, indicando que su aumento incrementa la tasa de mortalidad de NyE. Por otra parte, el gasto de gobierno parece guardar una relación inversa con la mortalidad de empresas, sugiriendo que, la tasa de mortalidad de NyE a nivel de los departamentos peruanos tendió a ser mayor en la medida en que disminuyó la participación del gasto de gobierno en la PIB departamental.

La presencia de multicolinealidad moderada (valores entre 1 y 5 para la prueba VIF) entre las diferentes variables consideradas (Tabla 4) indicó que los datos obtenidos presentan confiabilidad. También, la prueba de raíz unitaria (Tabla 5) mostró que, aunque los datos de panel utilizados tienen un componente de serie temporal, la significancia encontrada para las cuatro pruebas utilizadas ($P \leq 0.01$) indica que la estimación no es espuria, es decir, las variables no tienen raíz unitaria y que existe una relación de equilibrio en el largo plazo entre la tasa de mortalidad empresarial y las variables independientes consideradas en la estimación.

Test de causalidad de Granger

En la Tabla 6 se muestran las hipótesis planteadas para la prueba de causalidad de Granger. De acuerdo con el nivel de significancia, la primera hipótesis nula ($P \leq 0.01$) se rechaza, lo que permite aceptar la consideración de que los delitos contra el patrimonio predicen a lo Granger la mortalidad empresarial. Del mismo modo ocurre con el rechazo de la tercera hipótesis ($P \leq 0.05$), por lo que, se puede considerar que los delitos contra la VCS presentan precedencia temporal con la mortalidad de NyE. En conjunto, estos resultados evidencian la existencia de una relación de causalidad unidireccional en el sentido de Granger para los delitos patrimoniales y los delitos contra la VCS. Ambos tipos de delito mostraron influir predictivamente en la mortali-

Tabla 4. Prueba de multicolinealidad.
Table 4. Multicollinearity test.

Variables independientes	Coeficiente de correlación	VIF centrado
Cierre de negocios rezagado (-1)	0.372	1.593
Delitos contra el patrimonio	0.629	2.694
Delitos contra la vida, el cuerpo y la salud	0.283	1.395
Producto interno bruto per cápita	0.333	1.499
Inflación	0.504	2.016
Gasto de gobierno	0.269	1.368
Pobreza económica	0.302	1.433
Uso de internet	0.547	2.208

Tabla 5. Prueba de raíz unitaria de los residuos.
Table 5. Unit root test of residues.

Método	Estadístico	Probabilidad	Observaciones
Hipótesis nula: Raíz unitaria (asume el proceso de raíz de la unidad común):			
Levin, Lin & Chu t	-3.490 37	0.000	144
Hipótesis nula: Raíz unitaria (Asume el proceso de raíz de la unidad individual):			
Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.469 89	0.007	144
ADF - Fisher Chi-square	82.151 0	0.002	144
PP - Fisher Chi-square	97.289 4	0.000	168*

*PP – Fisher Chi-square reporta un mayor número de observaciones debido a que no añade rezagos en la ecuación que reduce la muestra.

Tabla 6. Prueba de causalidad de Granger.
Table 6. Granger causality test.

Hipótesis nula	W-Stat	Zbar-Stat	Prob.
Delitos contra el patrimonio no causa el cierre de negocios de forma homogénea	4.134 87	2.817 86	0.005 10
Cierre de negocios no causa delitos contra el patrimonio de forma homogénea	1.976 52	0.322 01	0.747 42
Delitos contra la vida, el cuerpo y la salud no causa el cierre de negocios de forma homogénea	3.758 92	2.128 39	0.028 55
Cierre de negocios no causa delitos contra la vida, el cuerpo y la salud de forma homogénea	1.718 04	0.053 39	0.957 40

dad empresarial, mientras que la mortalidad de NyE no mostró influencia predictiva sobre la ocurrencia de estos delitos. No obstante, estos hallazgos deben interpretarse como relaciones de precedencia temporal y capacidad predictiva, y no como evidencia de causalidad económica en sentido estricto.

DISCUSIÓN

En el periodo de estudio, la tasa de criminalidad global y los dos tipos de delitos reportados (contra el patrimonio y contra la VCS) se incrementaron en más de un 100 %, coincidiendo con un incremento cercano a 1 000 % en la mortalidad de NyE (Tabla 1). Si bien, estas variables no mostraron una correlación directa (datos no mostrados), ni de forma global ni en su análisis por departamentos (Tabla 2), el análisis econométrico permitió establecer que la delincuencia tiene efectos adversos sobre los negocios y empresas en Perú. Específicamente, los delitos contra el patrimonio —como hurtos, robos, delitos informáticos, estafas y extorsiones—, así como los delitos contra la VCS —como homicidios y lesiones—, que constituyen los dos tipos de delitos más frecuentes por número de casos, resultaron ser variables explicativas estadísticamente significativas en la decisión de los negociantes o empresarios de cerrar sus negocios.

La relación positiva entre la delincuencia y la mortalidad empresarial encontrada en este estudio fue similar con lo hallado por Marais y col. (2022) para el caso de Sudáfrica y por Perrone (2000) para Australia. Asimismo, guarda semejanza con el resultado obtenido por Cantos y col. (2025) para el caso de Ecuador, en el que la criminalidad provocó el cierre de negocios.

El análisis y la comprensión de la relación entre la delincuencia y la mortalidad empresarial requiere necesariamente adentrarse en la racionalidad microeconómica que explica las razones por las cuales los individuos deciden constituir, continuar en operación o cerrar la empresa. Al respecto, se asume que un individuo decide constituir un negocio o empresa con el objetivo de alcanzar los máximos niveles de bienestar, mediante el consumo de una canasta de bienes y servicios financiados con los beneficios monetarios generados por dicho emprendimiento (Robichaud y col., 2024). Así, el emprendedor racional no solo busca maximizar su bienestar, sino también el beneficio económico. El motivo inmediato es la obtención del máximo beneficio económico; sin embargo, la finalidad última es alcanzar el mayor nivel posible de bienestar o felicidad (McKenzie y col., 2024).

La magnitud del beneficio económico maximizado es igual a los ingresos totales menos los costos totales. De ahí que, en el largo plazo, si el ingreso total es mayor que el costo total, el negocio permanecerá en el mercado, pero si el ingreso total es menor que el costo total, se optará por el cierre, ya que el beneficio resultante es negativo (Deo, 2025).

La delincuencia y la inseguridad ciudadana impactan negativamente sobre el beneficio o ganancia económica (Kiran, 2025), mediante la reducción de los ingresos totales y el aumento de los costos totales (Beltrán y col., 2022), de manera que una mayor afectación por la delincuencia genera una menor rentabilidad del negocio (Manyasi y Kyalo, 2025).

La disminución del ingreso total se produce porque la delincuencia perturba los procesos de distribución, comercialización y ventas (Fe y Sanfelice, 2022), además de reducir la productividad tanto de la empresa como de los trabajadores (Pinazo, 2021).

El aumento en el costo total se origina por el incremento de los gastos y costos relacionados con la seguridad (Horna y col., 2024), así como al pago de extorsiones; actividad criminal que, en la práctica, funciona como un impuesto que eleva el costo de operación (Hase y Kasinger, 2024). Por ejemplo, se estima que, en 2022 respecto a 2019, las pequeñas y medianas empresas peruanas incrementaron su presupuesto en seguridad en un 25 %, mientras que las grandes empresas lo hicieron en un 35 % (Ybáñez, 2023).

El riesgo de fracaso es inherente a toda actividad empresarial (Chen y col., 2024). Sin embargo, dado que la delincuencia y la inseguridad ciudadana afectan a las empresas no solo a través de robos, asaltos y estafas, sino también mediante extorsiones y secuestros, los emprendedores enfrentan un riesgo adicional vinculado a la probabilidad de ser victimizados. El riesgo o la probabilidad de ser victimado genera miedo, ansiedad e inseguridad entre los empresarios y sus familias. Es decir, ocasiona un costo emocional o psicológico, el cual representa un costo no monetario (Macías, 2024).

En presencia de extorsiones y secuestros, una correcta estimación de los costos económicos en la empresa debe incluir no solo los costos monetarios de producción, de gastos en seguridad y de pagos a extorsionadores (costos contables), sino también el mencionado costo no monetario. El costo contable representa un costo explícito, mientras que el costo emocional y psicológico un costo implícito. El costo económico es la suma del costo explícito y el implícito (Dolan y col., 2005).

Por ello, en contextos marcados por elevados niveles de delincuencia —y en particular de extorsión—, la concepción tradicional del costo empresarial debe ampliarse para incluir, además del costo monetario, el riesgo que implica para el emprendedor exponer su seguridad personal y la de su familia por el solo hecho de ser propietario de un negocio. Este riesgo incrementa su costo de oportunidad. En situaciones donde las extorsiones están acompañadas de amenazas de muerte, dicho costo de oportunidad puede traducirse en la decisión de preservar la vida (Barrera y col., 2024).

 CienciaUAT. 20(2): 145-162 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2051

La especificación anterior sobre los costos permite precisar o reformular el concepto de ganancia o beneficio económico en presencia de la delincuencia. Dado un ingreso total, si se le resta el costo contable, se obtiene el beneficio contable. Si, además, se incorpora el costo emocional y psicológico generado por la delincuencia, se obtiene el beneficio económico.

Aun en el escenario en que exista un beneficio contable o monetario positivo, el costo no monetario asociado al riesgo de la delincuencia puede generar un beneficio económico negativo y, de este modo, forzar al emprendedor a cerrar el negocio. Bajo la premisa de que estar vivo es preferible a estar muerto, si el empresario valora más su integridad personal que los beneficios monetarios generados por su empresa, se enfrentará a un beneficio económico negativo, lo cual crea un fuerte incentivo para abandonar el mercado. En este sentido, la criminalidad no solo representa una amenaza directa para la seguridad, sino que también afecta las decisiones racionales de continuidad y permanencia en el mercado, al incorporar elementos no financieros que alteran profundamente la lógica de los emprendimientos privados (Dolan y col., 2005; Macías, 2024).

Durante el periodo de estudio 2014 a 2024, la extorsión fue el tipo de delito que registró el mayor crecimiento en el Perú (Tabla 1), con un notable repunte en el subperíodo 2019 a 2024. Usualmente, el sector de las micro y pequeñas empresas es de los más afectados por la ola delincuencial (Manansala y Valerio, 2024). En tal sentido, en el caso del Perú, un porcentaje significativo de estas empresas o negocios se han visto forzados a abandonar el mercado. Según la Asociación de Bodegueros del Perú, en 2023, de las 535 000 bodegas registradas a nivel nacional, aproximadamente el 20 % fueron víctimas de actos delictivos y extorsivos. Asimismo, solo en la capital peruana de Lima y la provincia constitucional del Callao, de los 22 500 afiliados a dicha asociación, más del 50 % recibió amenazas y extorsiones, y alrededor de 2 600 bodegas se vieron obligadas a cerrar sus puertas (Valdés y col., 2023; Arce, 2024; Sánchez, 2024).

En esa misma línea, existen casos donde la criminalidad alcanza niveles críticos, como ocurre en el emblemático emporio comercial de Gamarra, ubicado en la ciudad de Lima y donde laboran aproximadamente 30 000 personas. En dicho espacio, cerca del 90 % de los comerciantes han sido víctimas de robos, amenazas y extorsiones (Contreras, 2024).

La inseguridad vinculada a la extorsión no solo está generando sobre costos operativos y gastos adicionales en seguridad, sino también parálisis productiva por protestas, quiebras empresariales, miedo generalizado y, en muchos casos, el cierre definitivo de empresas (Guerra, 2024). En situaciones más extremas, esta problemática ha motivado la salida o emigración de empresarios hacia países considerados relativamente más seguros (Navarro, 2024).

El análisis mediante pruebas de causalidad reveló que la relación predictiva entre los delitos contra el patrimonio y el cierre de empresas es unidireccional: es decir, un mayor nivel de estos delitos permite predecir causalidad a lo Granger de incrementos en la mortalidad empresarial. En el caso de los delitos contra la VCS, el test indicó que la relación predictiva también es unidireccional: estos delitos permiten predecir a lo Granger la mortalidad de NyE, pero dicha mortalidad no permite predecir la generación de nuevos delitos de este tipo.

El hecho de que el cierre de NyE no permita predecir la generación de delitos contra el patrimonio y contra la VCS puede deberse, fundamentalmente, al carácter multidimensional de los determinantes de la delincuencia en general (Armstead y col., 2021). Tal como señalan Gaitán y Velázquez (2021) y Danmert y col. (2024), la ocurrencia de la delincuencia depende de diversos factores sociales, culturales, demográficos, territoriales y económicos, entre otros. En ese sentido, la relación de

causalidad predictiva entre la delincuencia y la mortalidad empresarial parece ser asimétrica (Hipp y col., 2019); es decir, la delincuencia ejerce una influencia predictiva sobre el cierre de empresas, pero dicho cierre no necesariamente genera la aparición de actividades delictivas (Fe y Sanfelice, 2022).

En relación con las variables de control con significancia estadística, el presente estudio encontró que mayores tasas de inflación se asocian con un incremento en la mortalidad de NyE. Este resultado es consistente con lo hallado por Furukawa y col. (2026) para el conjunto de países de la Unión Europea. Dichos autores determinaron que el aumento de la inflación, derivado de políticas monetarias expansivas, se traduce en mayores tasas de mortalidad de NyE. Este efecto directo de los procesos inflacionarios sobre la mortalidad empresarial se explica porque la inflación genera inestabilidad y volatilidad macroeconómica, distorsiona los precios relativos, dificulta la planificación y la previsión de la demanda, los precios y los costos, encarece el crédito y propicia la toma de decisiones subóptimas (Bhattacharjee y col., 2009).

De manera similar a lo reportado por Bessonova (2023) para Rusia, se encontró que un mayor gasto de gobierno tiende a reducir la posibilidad de cierre de las empresas, lo cual indica que dicho gasto contribuye positivamente al desempeño y la permanencia de estas en el mercado. Tal como señalan Ferraz y col. (2015), el incremento del gasto público dinamiza la demanda agregada, inyecta liquidez en la economía, eleva el empleo y estimula la inversión privada, lo que se traduce en mayores ventas y producción empresarial, reduciendo así la probabilidad de quiebra y cierre.

Respecto a la pobreza económica, la relación positiva identificada con la mortalidad de NyE en el presente estudio es consistente con lo hallado por Gordon y Sommers (2016) para Estados Unidos. Estos autores concluyen que la pobreza genera condiciones económicas adversas que conducen a una mayor mortalidad empresarial tanto en el corto plazo como en años posteriores. La pobreza se asocia con la informalidad, la inestabilidad, las restricciones crediticias, la baja demanda y el reducido tamaño del mercado, así como con un menor acceso a la tecnología y a la infraestructura, factores que generan incertidumbre y fragilidad institucional, incrementando el riesgo y la probabilidad de cierre (García y col., 2025).

Este estudio presenta algunas limitaciones que es necesario precisar. En particular, debido a restricciones en la disponibilidad de información, el modelo de datos de panel consideró una serie temporal de nueve años, inferior a la dimensión transversal correspondiente a los 24 departamentos. El hecho de que el periodo temporal trabajado no sea largo implica problemas potenciales de endogeneidad entre la tasa de mortalidad de NyE y su rezago. En consecuencia, los resultados econométricos estimados deben interpretarse con cautela. Asimismo, desde una perspectiva multivariable, la estimación econométrica no incorporó variables microeconómicas ni variables no económicas que podrían resultar relevantes en la determinación de la mortalidad de NyE. En ese sentido, futuras investigaciones deberían considerar la inclusión de dichos factores.

El número de mortalidad de NyE registrado por el INEI (2025b) y que fue utilizado en esta investigación, es presentado por dicha institución como un único indicador que agrupa tanto los cierres temporales y definitivos relacionados con la delincuencia como aquellos originados por otros factores. Asimismo, la cifra de la delincuencia utilizada comprende solo a los reportados, de modo que excluye aquellos casos en que no se efectuaron las denuncias policiales correspondientes. Estos aspectos constituyen limitaciones que afectan, en cierta medida, el grado de precisión del presente estudio.

CONCLUSIONES

Perú atraviesa una ola de delincuencia y un

 CienciaUAT. 20(2): 145-162 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2051

creciente nivel de mortalidad empresarial, fenómenos que se manifiestan a nivel nacional y se replican en la gran mayoría de los 24 departamentos del país. En este contexto, tanto los delitos contra el patrimonio como los delitos contra la VCS —que constituyen las principales categorías delictivas— presentaron un efecto significativo en el cierre de NyE. La relación de precedencia temporal entre delincuencia y mortalidad empresarial fue unidireccional para los delitos contra el patrimonio y los delitos contra la VCS. Ambos tipos incidieron predictivamente en el cierre de NyE. En este sentido, la delincuencia constituye un factor influyente en el incremento de la mortalidad empresarial, por lo que podría afectar negativamente el crecimiento económico a largo plazo, al generar un estancamiento o debilitamiento de la inversión empresarial. Asimismo, en relación con las variables de control incluidas en el estudio, se observa que el cierre de NyE es mayor a medida que aumentan las tasas de inflación y pobreza económica, y cuando el gasto gubernamental tiende a ser menor. De acuerdo con los resultados obtenidos, con la finalidad de reducir la tasa de mortalidad de EyN, se hace evidente la necesidad de disminuir la creciente ola de delincuencia. En tal sentido, se torna prioritaria la implementación de políticas y medidas de seguridad eficaces y eficientes frente a este flagelo. Las medidas de lucha contra la delincuencia deben priorizar el combate a la extorsión, ya que este delito es el que ha mostrado el mayor incremento, contribuyendo, por ende, no solo al cierre de negocios, sino también probablemente a la reducción del emprendimiento de nuevas empresas.

AGRADECIMIENTO

La ejecución de esta investigación recibió apoyo financiero del Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (R.R. No. 4305-2024-R/UNMSM).

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Almeida, A. F. G. & Montes, G. C. (2020). Effects of crime and violence on business confidence: evidence from Rio de Janeiro. *Journal of Economic Studies,* 47(7), 1669-1688. https://doi.org/10.1108/JES-07-2019-0300

Anser, M. K., Yousaf, Z., Nassani, A. A., Alotaibi, S. M., Kabbani, A., & Zaman, K. (2020). Dynamic linkages between poverty, inequality, crime, and social expenditures in a panel of 16 countries: two-step GMM estimates. *Economic Structures,* 9, 43. https://doi.org/10.1186/s40008-020-00220-6

Arce, J. (2024). Masivo cierre de bodegas por ola de extorsiones en Lima: los 4 distritos con mayor incidencia. *Infobae*. https://bit.ly/4dWvUXg.

Armstead, T., Wilkins, N., & Nation, M. (2021). Structural and social determinants of inequities in violence risk: A review of indicators. *Journal of Community Psychology*, 49(4), 878-906. https://doi.org/10.1002/jcop.22232

Barrera, C. A., Alarcón, R. A. y Cárdenas, J. M. (2024). La extorsión: el avance de un delito que afecta a la economía formal e informal en Bogotá D.C. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 1922-1945. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11386

Bailey, D. & Katz, J. N. (2011). Implementing panel-corrected standard errors in R: The pcse package. *Journal of Statistical Software, Code Snippets,* 42(1), 1–11. https://doi.org/10.18637/jss.v042.c01

Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (6th edition). Springer.

Bhattacharjee, A., Higson, C., Holly, S., & Kattuman, P. (2009). Macroeconomic instability and business exit: Determinants of failures and acquisitions of UK firms. *Economica*, 76(301), 108-131. https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.2007.00662.x

Beltrán, R., Díaz, E., Carla-Montserrat, C. y Selem, M. A. (2022). Deterioro en la sostenibilidad

de las Mypes y medidas de protección ante el impacto de la delincuencia en Quintana Roo, México. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 7(34), e210965. http://doi.org/10.46652/rgn.v7i34.965.

Ben, S., Meftech-Wali, S., & Carmona, P. (2021). The impact of institutional and macroeconomic conditions on aggregate business bankruptcy. *Structural Change and Economic Dynamics,* 59, 108-119. https://doiorg/10.1016/j.strueco.2021.08.010

Bessonova, E. (2023). Firms' efficiency, exits and government procurement contracts. *European Journal of Political Economy,* 76, 102253. https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2022.102253

Bressler, M. & Bressler, L. (2007). A model for prevention and detection of criminal activity impacting small business. *Entrepreneurial Executive,* 12(1), 23-36.

Brushwood, J. D., Dhaliwal, D. S., Fairhurst, D. J., & Serfling, M. (2016). Property crime, earnings variability, and the cost of capital. *Journal of Corporate Finance,* 40, 142-173. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.07.009

Cantos, L. S., Chávez, E. F., Rivera, J. L. y Yela, R. T. (2025). Impacto de la delincuencia en la evolución del empleo en el Ecuador. *Revista Veritas de Difusão Científica,* 6(1), 1407–1431. https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.465

Chen, F., Liu, Y., & Chen, X. (2024). ESG performance and business risk—Empirical evidence from China's listed companies. *Innovation and Green Development,* 3(3), 100142. https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100142.

Contreras, C. (2024). El 90 % de comerciantes de Gamarra sufrió robos, extorsiones y amenazas. *La República.* https://bit.ly/3YCh4Rh

Danmert, L., Croci, G. y Frey, A. (2024). ¿Por qué tanta violencia homicida en América Latina? Caracterizando el fenómeno y expandiendo su marco de interpretación. *Documento de Trabajo 94/2024*. Fundación Carolina. https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2024/02/DT_FC_94-1.pdf

Deo, P. (2025). How microeconomics works within a firm. *Journal of Applied Business and Economics,* 27(1), 1-12. https://doi.org/10.33423/jabe.v27i1.7492

Dolan, P., Loomes, G., Peasgood, T., & Tsuchiya, A. (2005). Estimating the intangible victim costs of violent crime. *The British Journal of Criminology,* 45(6), 958–976. https://doi.org/10.1093/bjc/azi029

Dong, B., Egger, P. H., & Guo, Y. (2020). Is poverty the mother of crime? Evidence from homicide rates in China. *PLoS ONE,* 15(5), e0233034. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233034

Dumitrescu, E. I. & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling,* 29(4), 1450-1460. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014

Fe, H. & Sanfelice, V. (2022). How bad is crime for business? Evidence from consumer behavior. *Journal of Urban Economics,* (129), 103448. https://doi.org/10.1016/j.jue.2022.103448.

Ferraz, C., Finan, F., & Szerman, D. (2015) Procuring firm growth: The effects of government purchases on firm dynamics. *NBER Working Paper 21219*. https://doi.org/10.3386/w21219

Forgione, A. F. & Migliardo, C. (2023). Mafia risk perception: Evaluating the effect of organized crime on firm technical efficiency and investment proclivity. *Socio-Economic Planning Sciences,* 88(C), 101619. https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101619

Furukawa, Y., Lai, T., & Niwa, S. (2026). Explaining declining business dynamism: A monetary growth-theoretic approach. *Iflame Working Papers Series.* 2026-iflame-01. https://www.ieseg.fr/wp-content/uploads/2026/02/2026-iFlame-01.pdf

Gaitán, P. & Velázquez, C. (2021). A systematic literature review of the mechanisms linking crime and poverty. *Convergencia,* 28, e14685. https://doi.org/10.29101/crcs.v28i0.14685

García, G., Sánchez, A., Guzmán, L., Pérez, R., & Martínez, R. (2025). Toward building model of business closure intention in SMEs: Binomial logistic regression. *Administrative Sciences,* 15(7), 240. https://doi.org/10.3390/admsci15070240

González, J. E., Sierra, L. P. y Ustorgio, J. (2022).

Formas de violencia y su relación con la inversión manufacturera departamental en Colombia: 2000-2013. *Revista Criminalidad,* 64(1), 109-132. https://doi.org/10.47741/17943108.335

Gordon, S. H. & Sommers, B. D. (2016). Recessions, poverty, and mortality in the United States: 1993–2012. *American Journal of Health Economics,* 2(4), 489-510.https://doi.org/10.1162/AJHE_a_00060

Greene, W. H. (2020). *Econometric Analysis*. Pearson.

Guerra, R. (2024). Impacto económico del paro habría sido hasta de S/106 millones. *Gestión*. https://bit.ly/3UhrZgq

Hase, C. & Kasinger, J. (2024). The pass-through of retail crime. *Papers 2407.07201, arXiv:2407.07201*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.07201.

Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica,* 46(6), 1251-1271. https://www.jstor.org/stable/1913827

Hendris, O. & Sharp, I. (2025). The relationship between unemployment, poverty and crime among youths in Ughelli North local government area, Delta State. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6(4), 5155-5164. https://ijrpr.com/uploads/V6ISSUE4/IJRPR42123.pdf

Hernández, A. de J., Antonio, P. R., Martínez, D. y Vásquez, C. (2023). Vulnerabilidad social, delincuencia y capital humano de las microempresas en Veracruz, México. *Economía Sociedad y Territorio,* 23(72), 433-465. https://doi.org/10.22136/est20231934

Hipp, J. R., Williams, S. A., Kim, Y., & Kim, J. (2019). Fight or flight? Crime as a driving force in business failure and business mobility. *Social Science Research,* 82, 164-180. https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2019.04.010

Horna, M. J., Ojeda, J. A. y Acosta, D. F. (2024). Análisis de la inseguridad ciudadana y su afectación en la administración de negocios en la ciudad de Ambato. Estudios y Perspectivas. *Revista Científica y Académica,* 4(2), 1456-1467. https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2.297

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025a). Perú: Anuario estadístico de la criminalidad y seguridad ciudadana. Varios anuarios 2011-2024. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/7526051-peru-anuario-estadistico-de-la-criminalidad-y-seguridad-ciudadana-2024. Fecha de consulta: 19 de diciembre de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025b). Demografía empresarial en el Perú. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3Uk4KlZ. Fecha de consulta: 8 de abril de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025c). Población y vivienda. [En línea]. Disponible en: https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/. Fecha de consulta. 9 de abril de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025d). Producto bruto interno por departamentos. [En línea]. Disponible en: https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/. Fecha de consulta. 10 de abril de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025e). Informe de precios. [En línea]. Disponible en: https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/informe-de-precios/1/#lista/. Fecha de consulta. 11 de abril de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025f). Pobreza y gasto social. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/living-conditions-and-poverty/. Fecha de consulta. 11 de abril de 2025.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2025g). Tecnologías de la información y comunicación. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/tecnologias-de-la-informacion-y-telecomunicaciones/. Fecha de consulta. 11 de abril de 2025.

Jasso, S. J. (2012). Empresas, violencia y competitividad en México: un creciente proceso de destrucción productiva y moral. XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea]. Disponible en: http://132.248.164.227/congreso/

es/docs/anteriores/xvii/docs/I09.pdf. Fecha de consulta: 19 de diciembre de 2024.

Kiran, F. (2025). Assessing the impact of crime, accidents and lack of safety measures on the cost of micro businesses. A study of Karachi. In S. Khairy (Ed.), *Exploring trends, innovations, and digitalization of entrepreneurship, MENAREC 2024* (pp. 217-236). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-92942-7_15

Lens, M. C. & Meltzer, R. (2016). Is crime bad for business? Crime and commercial property values in New York city. *Journal of Regional Science*, 56(3), 442-470. https://doi.org/10.1111/jors.12254

Macías, A. E. (2024). Impacto de la delincuencia en pequeños emprendimientos del sector de economía social y solidaria: un estudio sobre vulnerabilidad y capacidad de superación. *Digital Publisher CEIT*, 9(6), 1391-1405. https://doi.org/10.33386/593dp.2024.6.2807

Manansala, L. D. & Valerio, A. T. (2024). Impact of violent and property crimes on microfirms' performance: The Philippine experience. *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science – Economics and Business Administration*, 14(3), 3-17. https://doi.org/10.46223/HCMCOUJS.econ.en.14.3.2822.2024

Manyasi, F. & Kyalo, N. (2025). The impact of crime on business performance in Kenya: A case of small scale and micro enterprises in Garissa town. *The International Journal of Humanities and Social Studies,* 1(2), 1-24. https://doi.org/10.33329/m5c5w964

Marais, L., Elelwani, E. N., & Molefi, J. C. (2022). Mine closure, social disruption, and crime in South Africa. *The Geographical Journal*, 188(3), 383-400. https://doi.org/10.1111/geoj.12430

Martínez, M. A., González, G., Rico, M. y Carretero, M. A. (2021). Delincuencia y corrupción del entorno en las micro y pequeñas empresas de México: dimensión del desarrollo organizacional. *Revista RELAYN- Micro y Pequeña Empresa en Latinoamérica*, 5(3), 122-143. https://doi.org/10.46990/relayn.2021.5.3.186

McKenzie, R. B., Schansberg, D. E., & Lee, D. R. (2024). Microeconomics for Manager. Cambridge University Press.

Milica, R. & Marija, J. (2022). The forms of economic crime in bankruptcy proceedings. *Heinonline*, 39(3), 175-186. https://doi.org/10.5937/ptp2203175R

Ministerio de Economía y Finanzas (2025). Consulta de ejecución de gasto. [En línea]. Disponible en: https://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/Navegador/default.aspx. Fecha de consulta. 11 de abril de 2025.

Mohammed, M. (2022). Can corruption and organized crime affect economic growth in the ECOWAS Region? *Money and Economy*, 17 (3), 411-436. https://doi.org/10.29252/jme.17.3.411

Moral, I. y Pérez L., C. (2024). Econometría de datos de panel. Garceta Grupo Editorial.

Moreno, J. O. & Saucedo, E. (2020). Crime and employment destruction in Mexico: Do firms' size and location matter? *Análisis Económico*, 35(88), 9-41. https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2020v35n88/Moreno

Morris, M. H., Kuratko, D. F., Audretsch, D. B., & Santos, S. (2022). Overcoming the liability of poorness: Disadvantage, fragility, and the poverty entrepreneur. *Small Business Economics*, 58, 41-55. https://doi.org/10.1007/s11187-020-00409-w

Mujahid, A., Reayat, N., & Ali, S.A. (2020). Relationship between unemployment, poverty and crime: An empirical cross-sectional analysis of Peshawar, Khyberpakhtunkhwa. *International Journal of Management Research and Emerging Sciences*, 10(1), 111-117. https://doi.org/10.56536/ijmres.v10i1.67

Mutl, J. & Pfaffermayr, M. (2011). The Hausman test in a cliff and ord panel model. *The Econometrics Journal*, 14(1), 48–76. https://doi.org/10.1111/j.1368-423X.2010.00325.x

Muzi, S., Jolevski, F., Ueda, K., & Viganola, D. (2023). Productivity and firm exit during the COVID-19 crisis: cross-country evidence. *Small Business Economics*, 60(4), 1719–1760. https://doi.org/10.1007/s11187-022-00675-w

Navarro, V. (2024). Empresario huye del Perú por aumento de extorsiones, pero ataques continúan. Lanzan explosivo en su local de Surco. *Diario Perú21*. https://bit.ly/3NB9DDD

Núñez, J. (2020). La digitalización, el tren que puede evitar el cierre de miles de pymes. *El País*. https://bit.ly/3YuP2XN

Nyström, K. (2007). Interdependencies in the dynamics of firm entry and exit. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 7(2), 113-130. https://doi.org/10.1007/s10842-006-0027-x

Perrone, S. (2000). Crimes against small business in Australia: A preliminary analysis. *Trends & Issues in Crime and Criminal Justice*, 184, 1-6. https://www.aic.gov.au/publications/tandi/tandi184

Phori, M., Maluleke, W., & Phalane, K. (2024). The effects of crime activities on tourism industry: empirical evidence from KwaZulu-Natal province, South Africa. *International Journal of Educational Review, Law and Social Sciences,* 4(5), 1267-1281. https://radjapublika.com/index.php/IJERLAS/article/view/1892/1595

Pinazo, P. (2021). Los efectos de la inseguridad ciudadana sobre el emprendimiento: un freno al desarrollo de Latinoamérica. *Studies of Applied Economics*, 39(3), 1-14. https://doi.org/10.25115/eea.v39i2.3876

Regenburg, K. & Seitz, M. N. B. (2021). Criminals, bankruptcy, and cost of debt. *Review of Accounting Studies*, 26(3), 1004-1045. https://doi.org/10.1007/s11142-021-09608-6

Robichaud, Y., Cachon, J., Barragán, J. N. y Guerra, P. (2024). Motivos, factores de éxito y barreras en el emprendimiento en las PYMES en México. *Innovaciones de Negocios*, 21(41), 85-116. https://doi.org/10.29105/revin21.41-440

Sánchez, J. (2024). Casi 3000 bodegas cerradas y más de 9000 bodegueros son extorsionados en Lima: los 4 distritos más afectados. *La República*. https://bit.ly/3AiIwtM

Sánchez, M. A. y Medina, S. E. (2023). Factores económicos que explican la bancarrota de empresas. *Investigación Administrativa*, 52(131), 1-23. https://doi.org/10.35426/iav52n131.06

Sánchez, P., Matthew, W., Michaelis, T. L., & Suarez, J. (2023). Entrepreneurs as prime targets: Insights from Mexican ventures on the link between venture visibility and crime of varying severity. *Journal of Business Venturing,* 38(6), 106339. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2023.106339

Soria, R. (2017). Impacto de la violencia e inseguridad en la competitividad de los estados mexicanos. *Economía Sociedad y Territorio,* 17(54), 279-307. https://doi.org/10.22136/est002017802

Sugiharti, L., Purwono, R., Esquivias, M. A., & Rohmawati, H. (2023). The nexus between crime rates, poverty, and income inequality: a case study of Indonesia. *Economies*, 11(2), 62. https://doi.org/10.3390/economies11020062

Tamara, A. L. y Villegas, G. C. (2021). Influencia del entorno financiero, el entorno macroeconómico, la estructura organizacional y la transparencia en la quiebra empresarial. *Contaduría y Administración*, 66(2), 1-23. https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2021.2618

Urquillas, A. y Flores, F. (2020). Determinantes económicos y financieros de la quiebra bancaria: Evidencia de los bancos privados del Ecuador e incidencia de la dolarización en la fragilidad financiera. *RBGN Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, 22(4), 949-972. https://doi.org/10.7819/rbgn.v22i4.4080

Valdés, R., Basombrío, C. y Vera, D. (2023). Las economías criminales y su impacto en el Perú. ¿Cuáles? ¿Cuánto? ¿Cómo? ¿Dónde? Capital Humano y Social S.A.

Vázquez, M. I. y Olivares, J. A. (2020). Los determinantes de la delincuencia, un recorrido por México de 2011 al 2015. En R. L. Lozano (Ed.), *Tópicos de economía pública* (pp. 113-129). Universidad de Quintana Roo.

Vokoun, M., Kaderabkova, B., Neugebauer, J., & Kozlová, L. (2024). The relationship between economic activity and types of crime: A panel analysis of the regions of the Czech Republic between 2005-2023. *European Journal of Interdisciplinary Studies*, 16(1), 91-105. https://doi.org/10.24818/ejis.2024.07

Wang, X. & Hu, S. (2022). Analysis of the relationship between unemployment and crime rate in China. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 631, 665-670. https://doi.org/10.2991/assehr.k.220105.122

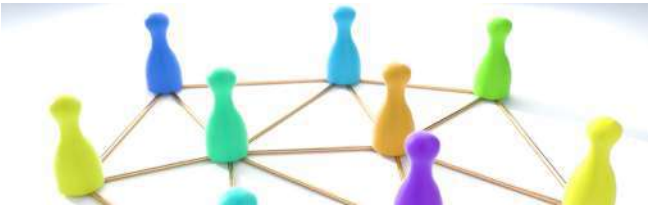
Wooldridge, J. M. (2015). *Introducción a la econometría* (5ta edition.). Cengage Learning. Ybá-

ñez, I. (2023). Inseguridad ciudadana. ¿Cuánto le cuesta a las empresas? La Cámara, 1099, 15-17. https://lacamara.pe/inseguridad-ciudadana-cuanto-cuesta-a-las-empresas-1999/

Yang, X. (2018) The influence of macro factors on the exit of venture capital - take the Chinese market as an example. *Modern Economy,* 9(7), 1301 1312. https://doi.org/10.4236/me.2018.97084

Ybáñez, I. (2023). Inseguridad ciudadana: ¿cuánto le cuesta a las empresas? *La Cámara,* 1999, 15-17. https://lacamara.pe/inseguridad-ciudadana-cuanto-cuesta-a-las-empresas-1999/

Zizi, Y., Oudgou, M., & Moudden, A. (2022). The macroeconomic determinants of moroccan corporate bankruptcy. *International Journal of Applied Economics, Finance and Accounting,* 14(1), 25-33. https://doi.org/10.33094/ijaefa.v14i1.636



Imágenes de Canva educativo

Robustez y vulnerabilidad en redes de procesos organizacionales: una aproximación sistémica para una gestión estratégica

Robustness and vulnerability in organizational process networks: a systemic approach for strategic management

Carmen Hernández-Cansino[1]*, Gustavo Carreón-Vázquez[2], Alejandra Elizabeth Urbiola-Solís[3], Graciela Carrillo-González[4]

RESUMEN

La metodología de análisis de Sistemas Complejos Adaptativos (SCA) es una herramienta útil para estudiar redes de colaboración laboral a través de su representación estructural. Esto permite identificar patrones de interacción, dependencia y flujo de información entre sus componentes. El objetivo del presente trabajo fue identificar las condiciones de robustez y vulnerabilidad de una red de procesos organizacionales en un departamento administrativo (DPE) de una institución educativa pública. Se utilizó una metodología de modelización basada en criterios de conectividad, centralidad y eficiencia del flujo de información. Se analizaron los procedimientos operacionales de los diferentes actores; se construyó la red organizacional mediante la definición de sus nodos y se evaluaron los niveles de conectividad y la centralidad de estrés por nodo. Para medir el nivel de robustez, se realizaron simulaciones de remoción de los nodos con mayor conectividad. La eliminación de nodos con alta conectividad y centralidad de estrés —como los correspondientes a la Asistente Administrativa del Departamento, la Secretaria de Profesores y la Asistente Técnica (responsables de articular gran parte de los procesos operativos del DPE)— produjo la mayor fragmentación de la red. Esto contrastó con la remoción de la Jefatura del Departamento, que produjo un nivel de fragmentación considerablemente menor. El análisis de la estructura funcional reveló que la robustez de la red está determinada por la forma en que se estructuran e interconectan los procesos, más que por la jerarquía formal de los puestos laborales. La representación de los puestos organizacionales como nodos permitió identificar cuellos de botella críticos, dependencias funcionales y puestos cuya interrupción comprometería la continuidad operativa. El desarrollo del diagrama operativo y su análisis mediante SCA permitió visibilizar las fortalezas y vulnerabilidades del sistema, aportando información clave para aumentar la robustez organizacional, la continuidad operativa y la capacidad adaptativa desde una perspectiva de gestión estratégica sistémica.

PALABRAS CLAVE: redes complejas, robustez, vulnerabilidad, procesos organizacionales, gestión estratégica.

ABSTRACT

The methodology for analyzing Complex Adaptive Systems (CAS) is a useful tool for studying work collaboration networks through their structural representation. This approach makes it possible to identify patterns of interaction, dependency, and information flow among the components of these networks. The objective of this study was to identify the conditions of robustness and vulnerability in an organizational process network within an administrative department (DPE) of a public educational institution. A modeling methodology based on criteria of connectivity, centrality, and information-flow efficiency was used. The operational procedures of the different actors were analyzed; the organizational network was constructed by defining its nodes; and the levels of connectivity and stress centrality were evaluated for each node. To measure the level of robustness, node-removal simulations were performed on the nodes with the highest connectivity. The elimination of nodes with high connectivity and stress centrality—such as those corresponding to the Department Administrative Assistant, the Faculty Secretary, and the Technical Assistant, who are responsible for articulating a large part of the DPE's operational processes—produced the greatest fragmentation of the network. This contrasted with the removal of the Head of the Department, which produced a considerably lower level of fragmentation. The analysis of the functional structure revealed that the robustness of the network is determined by the way in which processes are structured and interconnected, rather than by the formal hierarchy of job positions. The representation of organizational positions as nodes made it possible to identify critical bottlenecks, functional dependencies, and positions whose interruption would compromise operational continuity. The development of the operational diagram and its analysis through the CAS approach made it possible to reveal the system's strengths and vulnerabilities, providing key information to strengthen organizational robustness, operational continuity, and adaptive capacity from a systemic strategic management perspective.

KEYWORDS: complex networks, robustness, vulnerability, organizational processes, strategic management.

***Correspondencia:** cahernandez@correo.xoc.uam.mx**/Fecha de recepción:** 7 de agosto de 2025**/Fecha de aceptación:** 13 de agosto de 2026**/Fecha de publicación:** 28 de agosto de 2026.

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto de la UAQ, Carretera a Chichimequillas S/N, Ejido Bolaños, Santiago de Querétaro, Querétaro, México, C. P. 76140. [2]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas, Ciudad de México, México, C. P. 04510. [3]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración, Querétaro, Querétaro, México, C. P. 76020. [4]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, UAM-X, Departamento de Producción Económica, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, México, C. P. 04960.

INTRODUCCIÓN

En el análisis de redes, los conceptos de robustez, vulnerabilidad y resiliencia se abordan como categorías analíticamente diferenciadas. La robustez se refiere a la capacidad del sistema para mantener su funcionalidad frente a perturbaciones; la vulnerabilidad alude al grado de susceptibilidad o exposición a fallas estructurales; mientras que la resiliencia implica la capacidad de recuperación, adaptación o reorganización del sistema después de una disrupción (Artime y col., 2024; Xie y col., 2023).

La robustez de una red de procesos organizacionales resulta relevante para analizar la continuidad operativa de una organización (Barabási, 2016; Schwarze y col., 2024). Si bien, la pérdida o alteración de nodos y conexiones estratégicas puede generar un impacto crucial en la integridad, dinámica y estabilidad de la red (Watts, 2003), también es fundamental comprender su capacidad para mantener su funcionamiento frente a perturbaciones (Artime y col., 2024). La robustez, por tanto, no reside en un único elemento de la red, ya que su estabilidad y capacidad adaptativa se distribuyen entre las interacciones de sus puestos organizacionales mediante interacciones interdependientes, lo que genera comportamientos emergentes basados en reglas locales de agregación y adaptación que dan lugar a formas de inteligencia colectiva (Holland, 2004). En este sentido, la capacidad adaptativa y la estabilidad sistémica pueden entenderse como propiedades emergentes propias de los sistemas complejos adaptativos (SCA).

Los SCA se componen estructuralmente de múltiples elementos que interactúan entre sí, dando lugar a dinámicas emergentes en las que las propiedades del sistema no pueden explicarse únicamente a partir de la suma de sus interacciones individuales. Funcionalmente, su permanencia y coherencia a lo largo del tiempo les permiten procesar información, cooperar, autoorganizarse y adaptarse a sus condiciones bajo diversas restricciones (Holland, 2004). Las organizaciones pueden analizarse desde la perspectiva de los SCA, ya que están conformadas por múltiples actores que interactúan, aprenden y se adaptan continuamente a su entorno. Desde dicho enfoque, pueden modelarse como redes complejas, donde las relaciones de interdependencia entre sus componentes generan propiedades emergentes que no pueden explicarse únicamente a partir del comportamiento aislado de cada uno de ellos (Aya-Velandia, 2020).

La ciencia de redes constituye un marco analítico idóneo para modelar este tipo de sistemas desde una perspectiva *bottom-up*, al centrarse en la estructura y función de las interacciones que los conforman. Dicho enfoque permite analizar cómo los elementos de un sistema, ya sean agentes, procesos o nodos, configuran patrones colectivos, y cómo estos pueden exhibir procesos de toma de decisión, memoria o incluso mecanismos de recuperación frente a perturbaciones (Barabási, 2016).

La robustez, vulnerabilidad y resiliencia constituyen un conjunto de propiedades relacionadas con la capacidad adaptativa de una organización ante perturbaciones internas y externas. Dichas propiedades describen no solo la resistencia de la estructura frente al cambio, sino también sus posibilidades de reorganización y aprendizaje ante situaciones críticas (Frigotto y col., 2022). Desde esta perspectiva, el análisis de redes organizacionales proporciona información para una gestión estratégica (Castaingts-Teillery, 2015), basada en la comprensión sistémica de las interdependencias internas y la capacidad de adaptación colectiva.

El análisis de redes ha adquirido relevancia en el estudio de organizaciones complejas debido a su capacidad para representar patrones de interacción, flujos de información y estructuras de coordinación entre actores. Desde el análisis de redes sociales, Espín-Noboa y col. (2023) señalaron que las estructuras relacionales permiten comprender dinámicas organizacionales que no pueden explicarse únicamente a partir de atributos individuales. De

 CienciaUAT. 20(2): 163-179 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2047

igual manera, Borgatti y Foster (2003) destacaron que las relaciones entre actores constituyen elementos fundamentales para analizar procesos de colaboración, intercambio y desempeño organizacional. Por otra parte, desde la teoría de redes y la complejidad, autores como Castells (2009) y Watts (2003) han enfatizado que la conectividad, la interdependencia y la distribución de flujos influyen directamente en la estabilidad, adaptación y comportamiento emergente de los sistemas organizacionales. En este contexto, los trabajos de Hernández-Cansino y col. (2023) se integran a una línea de investigación orientada al análisis relacional de procesos organizacionales mediante enfoques basados en redes y complejidad sistémica.

A pesar de los avances en el análisis de redes y sistemas complejos aplicados a organizaciones, una parte importante de la literatura se ha centrado en describir estructuras relacionales y patrones de conectividad, sin profundizar suficientemente en cómo las interdependencias entre actores, procesos y flujos de información generan vulnerabilidades y dinámicas adaptativas dentro de los sistemas organizacionales (Watson y col., 2025). En consecuencia, persiste la necesidad de tener y utilizar metodologías que permitan integrar el análisis estructural y funcional de las organizaciones desde una perspectiva relacional y sistémica (Hassel y Cedergren, 2025).

Bajo este marco, la metodología REPRO (Red de Procesos Organizacionales) proporciona una herramienta para analizar la robustez como parte de la funcionalidad global de la red, considerando que la remoción o pérdida de un elemento puede desencadenar fallos en cascada, afectaciones en la conectividad y continuidad de los procesos. Su aplicación permite identificar escenarios de riesgo y optimizar procesos mediante la detección de nodos críticos (Hernández-Cansino y col., 2023).

El objetivo de este trabajo fue identificar las condiciones de robustez y vulnerabilidad de una red de procesos organizacionales en un departamento administrativo de una institución educativa pública mediante una metodología de modelización basada en criterios de conectividad, centralidad y eficiencia del flujo de información.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología para obtención de una red organizacional

Para abordar el análisis de la robustez y vulnerabilidad en las organizaciones, se adoptó un enfoque metodológico basado en la teoría de los SCA y redes complejas a partir de procesos organizacionales. En este contexto, la organización se modeló como una red de procesos organizacionales, en la que los puestos de trabajo se representan mediante nodos y las relaciones procedimentales mediante aristas. A diferencia de los enfoques organizacionales tradicionales centrados en estructuras jerárquicas, REPRO permite modelar las interdependencias funcionales derivadas de los procesos organizacionales y evaluar su impacto sobre la robustez estructural (Hernández-Cansino y col., 2023).

La metodología se desarrolló en cuatro fases. La primera consistió en desarrollar la descripción de la organización, el área de trabajo y los procesos que sirvieron para hacer el modelo de la red. La segunda correspondió al levantamiento de la información a través de trabajo de campo, con el levantamiento de entrevistas que permitieron conocer el flujo de los procedimientos de los procesos que se lleva a cabo para realizar sus funciones, información utilizada para elaborar los manuales de procedimientos de la dependencia. En la tercera etapa, se construyeron los caminos de la red, para ello, se elaboró una tabla en formato CSV en la que se identificaron los actores involucrados en los procedimientos y se describieron los pasos que deben seguir para el seguimiento de sus funciones. Finalmente, en la cuarta fase, se realizó la modelización de la red a través Cytoscape, versión 3.7.1, una plataforma de software de código abierto, para visualizar y analizar las redes de interacción (Demchak, 2023).

Estudio de caso

Fase I. Descripción de la organización

La investigación se realizó en un departamento de una organización pública de educación superior con autorización de la jefatura de dicho departamento. Con el propósito de preservar la confidencialidad institucional y de los actores involucrados, se anonimizaron tanto el nombre de la organización como las referencias personales, empleando únicamente denominaciones funcionales asociadas a los cargos organizacionales. Por esta razón, en el presente estudio se denomina DPE a dicho departamento, el cual ha gestionado las funciones de las Licenciaturas de Administración y Economía de la institución desde 1975.

La organización objeto de estudio fue seleccionada debido a la disponibilidad de proporcionar información sobre sus procesos internos y el acceso a los actores involucrados. Adicionalmente, comparte características comunes con otras organizaciones educativas públicas de tamaño pequeño, lo que permite realizar inferencias analíticas sobre contextos organizacionales similares, sin pretender una generalización estadística.

Fase II. Levantamiento de la información

Durante el período 2024 a 2025 se realizó trabajo de campo para hacer el manual de procedimientos, ya que dicho departamento no contaba con este instrumento. Se identificaron y documentaron 30 de más de 50 procedimientos de la DPE, que se utilizaron para elaborar los caminos de la red organizacional. La red se construyó a partir de fuentes institucionales y entrevistas abiertas con informantes clave pertenecientes a las áreas involucradas. La representación final de la red fue revisada por actores con conocimiento directo de los procesos analizados, quienes corroboraron la correspondencia entre la modelización realizada y la operación organizacional. En la Figura 1 se muestra un ejemplo con el procedimiento denominado “solicitud de mantenimiento”. En los demás procedimientos del departamento se siguió la misma lógica de construcción. De esa forma, esta triangulación permitió reducir sesgos de interpretación y fortalecer la confiabilidad de la estructura de red obtenida.

Se identificó el nombre del puesto del actor o actores de interés y se les etiquetó para conformar los nodos de la red y sus funciones en cada procedimiento. Los actores identificados fueron los siguientes: asistente administrativa del departamento (AAD), profesor del departamento (PD), secretaria de profesores (SPROF), jefatura del departamento (JDPE), coordinación de espacios físicos (CEF), servicios generales (SG), la entidad compuesta de la CEF y de SG (CEFySG), y otra entidad conformada por AAD, JDPE y PD (AAD_JDPE_PD). En ese sentido, hay dos formas para identificarlos; en la primera, se desarrollaron dos tipos de nodos, los primeros para el caso individual, que sucede cuando un solo actor procesa la información de un proceso y después la envía al actor siguiente; y los segundos para el caso colectivo, que se presenta cuando se agrupan dos o más actores distintos y procesan la misma información, formando una nueva entidad, para posteriormente enviarla al actor correspondiente para continuar con el flujo de trabajo. En el manual de procedimientos desarrollado se incluyó el procedimiento descrito junto con los códigos de la red.

Fase III. Caminos de la red

Los caminos de la red se construyeron a partir de los procedimientos organizacionales documentados. Cada procedimiento se representó como una secuencia de interacciones entre puestos de trabajo, donde los nodos corresponden a los cargos organizacionales y las aristas representan el flujo de información entre ellos. En este sentido, un procedimiento organizacional inicia en un nodo de origen, transita por uno o varios nodos intermedios conforme se desarrollan las actividades y concluye en un nodo de destino.

Para registrar las relaciones entre los nodos (puestos), los caminos de la red se almacenaron en un archivo digital con extensión CSV, organizados en dos columnas llamadas “origen” y “destino”, las cuales identifican los pares de

CienciaUAT. 20(2): 163-179 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2047

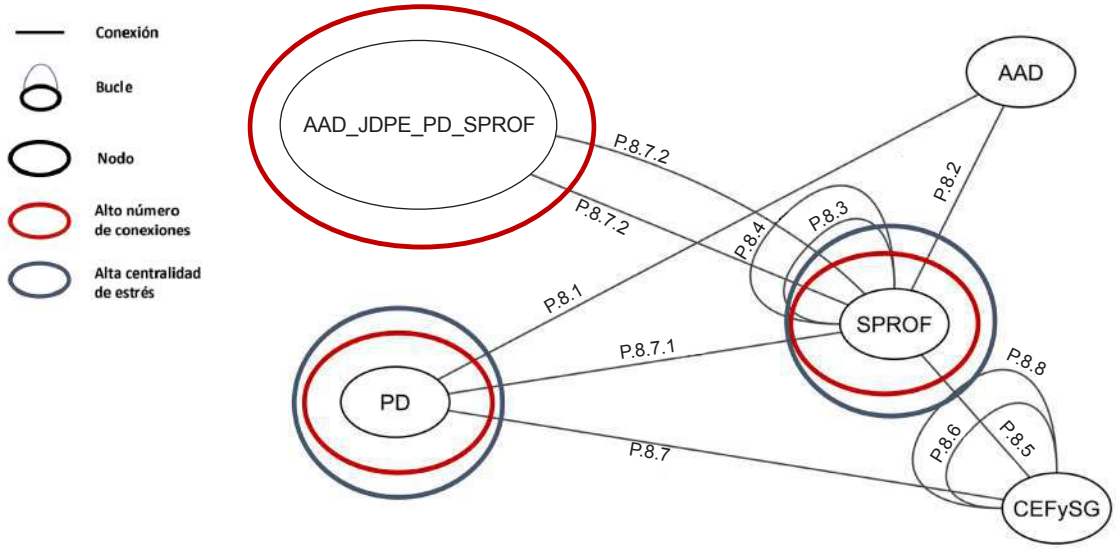


Figura 1. Red del procedimiento denominado "solicitud de mantenimiento" de DPE.
Figure 1. Network of the procedure "maintenance request" of DPE.

nodos conectados por cada interacción procedimental. Cada fila del archivo representa una relación entre dos puestos involucrados en un procedimiento, mientras que el conjunto de estas relaciones constituye la estructura completa de la red organizacional. Dicha representación permitió cargar posteriormente la información en Cytoscape para su visualización y análisis.

Fase IV. Modelización de un procedimiento

En la última fase, se procesó la información de los procedimientos de la DPE contenida en el archivo CSV. En dicha representación, los nodos corresponden a los puestos o cargos de los actores involucrados, mientras que las aristas representan las relaciones procedimentales que indican el origen y destino del flujo de información. Esta modelización permitió analizar la estructura interna de la red organizacional.

Posteriormente, se construyeron escenarios de remoción de nodos para evaluar la robustez y vulnerabilidad de la red del DPE. En dichos escenarios se removieron nodos relevantes de la estructura en función de su grado de conectividad y centralidad de estrés, con el propósito de observar cambios en la configuración de la red y estimar el posible impacto de dichas remociones sobre el flujo de los procesos.

Las métricas estructurales fueron calculadas mediante la herramienta NetworkAnalyzer de Cytoscape 3.7.1. Se emplearon los indicadores de grado, centralidad de estrés, coeficiente de agrupamiento, número de componentes conectados, diámetro, radio, longitud de ruta promedio y densidad, los cuales son utilizados en el análisis de redes complejas para identificar nodos relevantes y patrones de conectividad y cambios estructurales ante escenarios de remoción.

Análisis estadísticos

Para evaluar formalmente la relación entre el grado de conectividad de los nodos removidos y el número de componentes resultantes, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

Modelación de la red

La relación entre los actores de la red del DPE se caracteriza por la existencia de flujos de información y retroalimentación entre participantes, por lo cual la red fue modelada como no dirigida. Aunque una interacción puede originarse en el actor A y dirigirse al actor B, esta no concluye necesariamente en dicho punto, ya que puede generarse un retorno de información desde B hacia A. Dicha dinámica evidencia la presencia de mecanismos de validación y ajuste continuo entre los partici-

pantes, por lo que la red no se restringe a una estructura estrictamente dirigida o lineal. Por el contrario, se configura como una red abierta en la que las conexiones permiten procesos de retroalimentación que fortalecen la coordinación y la construcción conjunta de significado entre los actores.

Cabe señalar que la red fue modelada mediante aristas binarias no ponderadas. Por ello, las conexiones representan únicamente la existencia de una relación entre actores identificada en los procedimientos organizacionales. La frecuencia o intensidad de las conexiones no fue ponderada de manera independiente, aunque la recurrencia de relaciones entre actores se ve reflejada en la métrica del grado de nodo.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el proceso para la construcción de la red del procedimiento denominado "solicitud de mantenimiento". En ella se observan las diferentes etapas, sus códigos y su descripción. La Figura 1 es la representación gráfica de dicho procedimiento mediante los nodos que simbolizan a los actores participantes y las aristas (conexiones) que indican el flujo de las interacciones. Los nodos con mayor número de conexiones (círculos rojos), mantienen más interacciones con otros actores para llevar a cabo el

Tabla 1. Descripción de las etapas del procedimiento modelo y su codificación.
Table 1. Description of the stages of the model procedure and their coding.

Etapa del procedimiento	Código	Descripción
8.1. El profesor del departamento (PD) solicita a la asistente administrativa mantenimiento (AAD) de duplicado de llaves, fallas en líneas telefónicas, lámparas descompuestas, fugas en el baño, muebles, ventanas, mantenimiento de toda el área física y de cubículos.	P.8.1	{PD, AAD}
8.2. El(la) asistente administrativa (AAD) contacta a la secretaria de profesores (SPROF) para elaborar oficio de la solicitud.	P.8.2	{AAD, SPROF}
8.3. La secretaria de profesores (SPROF) elabora el oficio del mantenimiento.	P.8.3	{SPROF, SPROF}
8.4. La secretaria de profesores (SPROF) sube el oficio al software "Dictaminadoras" de la universidad.	P.8.4	{SPROF, SPROF}
8.5. La secretaria de profesores (SPROF) entrega el oficio a la Coordinación de Espacios Físicos y Servicios Generales (CEFySG).	P.8.5	{SPROF, CEFySG}
8.6. La Coordinación de Espacios Físicos y Servicios Generales (CEFySG) hace una programación de la actividad o servicio.	P.8.6	{CEFySG, CEFySG}
8.7. El profesor del departamento (PD) verifica que se realizó el servicio de mantenimiento por parte de la coordinación de Espacios Físicos y Servicios Generales (CEFySG).	P.8.7	{PD, CEFySG}
8.7.1. En caso de ser positivo, el profesor del departamento (PD) avisa a la secretaria de profesores (SPROF). En caso de ser negativo, se debe esperar a que se realice el mantenimiento, el cual no puede pasar del mes.	P.8.7.1	{PD, SPROF}
8.7.2. La secretaria de profesores (SPROF) solicita firma de cumplimiento del requerimiento por parte de la asistente administrativa (AAD), jefatura de departamento (JDPE) o del profesor del departamento (PD), y ellos a su vez lo regresan a la secretaria de profesores (SPROF).	P.8.7.2	{SPROF, AAD_ JDPE_PD, SPROF}
8.8. La Coordinación de Espacios Físicos y Servicios Generales (CEFySG) al haber realizado el servicio, marca de atendido en su programación la actividad o servicio.	P.8.8	{CEFySG, CEFySG}

CienciaUAT. 20(2): 163-179 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2047

procedimiento, por lo que desempeñan un papel relevante en la circulación de información dentro de esta red procedimental. Por otro lado, los nodos atravesados por un mayor número de caminos más cortos entre pares de nodos (círculos azules) actúan como puntos de paso o articulación funcional para el flujo de información, lo que implica que una parte importante de las trayectorias de comunicación pasa por ellos, aun cuando no necesariamente ocupen una posición formal de autoridad dentro de la estructura organizacional (Scardoni y Lau, 2012). En algunos de estos nodos se observan bucles de información, es decir, aristas que salen y regresan al mismo nodo, lo que evidencia procesos de retroalimentación interna o actividades que se resuelven dentro de una misma unidad funcional. Esquematizar el procedimiento permitió observar y modelar relaciones organizacionales mediante análisis de redes complejas, las cuales normalmente permanecen invisibles en las representaciones formales de la estructura.

Los valores de las métricas obtenidas en Cytoscape para la red del procedimiento "solicitud de mantenimiento" se muestran en la Tabla 2. El coeficiente de agrupamiento o clustering fue de 0.6, dentro de la escala de 0 a 1, lo que representa un nivel moderadamente alto de cohesión local. Este resultado sugiere que los actores del procedimiento mantienen múltiples conexiones entre sí, favoreciendo la formación de relaciones locales. Asimismo, todos los nodos se integraron en un solo componente conectado, lo que indica que cualquier nodo puede alcanzarse desde cualquier otro mediante alguna trayectoria dentro de la red.

Tabla 2. Métricas globales de la red del procedimiento "solicitud de mantenimiento".
Table 2. Global metrics of the "maintenance request" procedure network.

Descripción	Valor
Coeficiente de agrupamiento	0.6
Componentes conectados	1
Diámetro de la red	2
Radio de la red	1
Longitud de la ruta promedio	1.4
Número de nodos	5
Número de aristas	11
Densidad de la red	0.6

El diámetro de la red fue de 2 pasos, lo que representa el número máximo de pasos necesarios para conectar los nodos más alejados del sistema. Por su parte, el radio de la red fue de 1 paso, lo que indica que existe al menos un nodo desde el cual se puede alcanzar al resto de la red con una distancia máxima de un paso. La longitud de la ruta promedio presentó un valor de 1.4. Mientras que la densidad de la red fue de 0.6, lo que significa que están presentes el 60 % de las conexiones posibles entre los cinco nodos que integran la red. En conjunto, estas métricas muestran que la red del procedimiento "solicitud de mantenimiento" presenta una configuración compacta y conectada. Con base en este procedimiento, y aplicando la misma metodología de modelización, se procesó la información de los procedimientos del DPE.

Modelado integral de todo el departamento

Los procedimientos del DPE analizados mediante Cytoscape permitieron modelar la red organizacional integral del departamento (Figura 2). Los diez nodos con mayor grado de conectividad, marcados con círculos rojos, fueron: AAD, asistente técnica (AT), JDPE, ayudante de investigación (AINV), SPROF, PD, secretaria de jefatura (SJ), División de Ciencias Sociales y Humanidades (DCSH), ayudante de profesor (AYUD_P) y participantes del congreso anual del comité editorial (PART) (Tabla 3).

Los nodos con mayor centralidad de estrés, marcados con círculos azules en la Figura 2, correspondieron a AAD, AT, SPROF, AINV, JDPE, PD, PART y SJ (Tabla 3). Estos nodos son atravesados por un mayor número de caminos más cortos dentro de la red, por lo que constituyen puntos relevantes para la articulación del flujo de información entre diferentes sectores de la estructura organizacional.

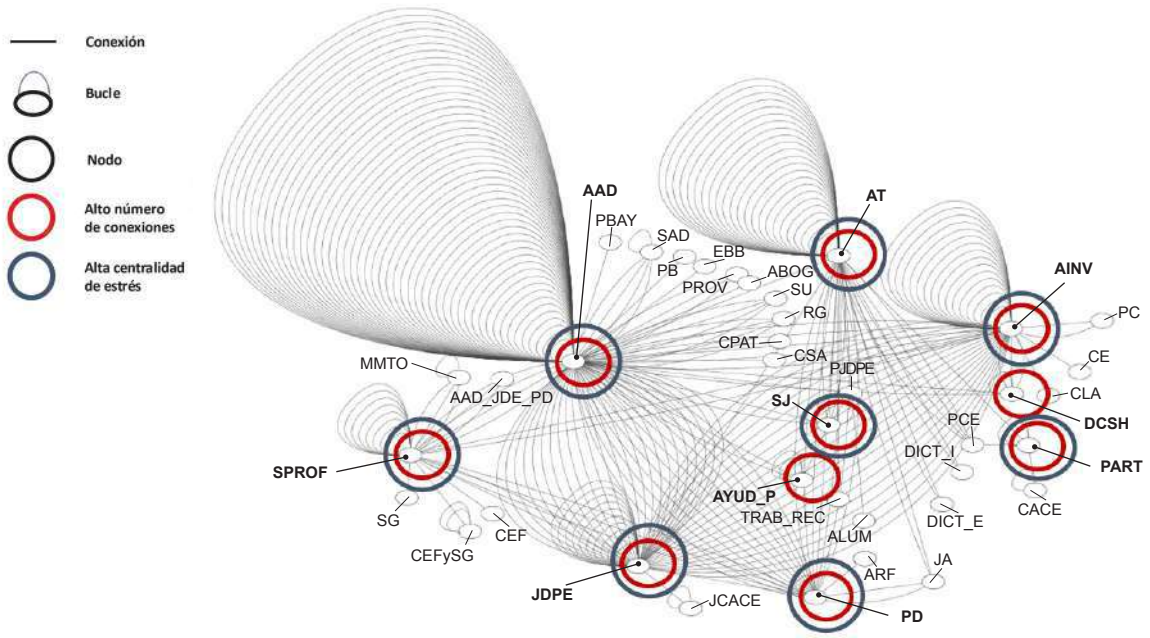


Figura 2. Red organizacional de DPE.
Figure 2. DPE organizational network.

Las métricas globales obtenidas con *Cytoscape*, con un coeficiente de agrupamiento de 0.19 (Tabla 4), indican que algunos nodos tienden a vincularse entre sí formando triadas cerradas o pequeños clústeres de interacción. Este patrón refleja la existencia de relaciones recíprocas entre actores cercanos, lo que sugiere la existencia de rutas alternativas de interacción entre algunos actores.

El diámetro de la red fue de 5 pasos, lo que representa el número máximo de pasos necesarios para conectar los nodos más alejados de la estructura. El radio fue de 3 pasos, valor que corresponde a la menor de las distancias máximas desde un nodo hacia el resto de la red, por lo que permite identificar la accesibilidad relativa de los nodos más centrales. Longitud de la ruta promedio fue de 2.605 pa-

Tabla 3. Nodos con mayor grado de conectividad de la red de DPE ordenados de manera descendente.
Table 3. Nodes with the highest degree of connectivity in the DPE network, ordered in descending order.

Nodo actor	Descripción nodo actor	Grado de conexión	Centralidad estrés	No. de componentes
AAD	Asistente administrativa	170	1 014	11
AT	Asistente técnica	71	770	6
JDPE	Jefe(a) del departamento	69	270	2
AINV	Ayudante de investigación	66	322	4
SPROF	Secretaria de profesores	35	534	6
PD	Profesor de departamento	28	254	2
SJ	Secretaria de jefatura	8	38	1
DCSH	División de Ciencias Sociales y Humanidades	7	0	1
AYUD_P	Ayudante de profesor	7	0	1
PART	Participantes del congreso anual del comité editorial	7	108	2

Tabla 4. Métricas globales de la red integral de procesos organizacionales del DPE.
Table 4. Global metrics of the DPE's overall organizational process network.

Descripción	Red integral	Al separar el nodo		
		AAD	AT	JDPE
Coeficiente de agrupamiento	0.190	0.085	0.131	0.175
Componentes conectados	1.0	11	6	2
Diámetro de la red	5	5	4	5
Radio de la red	3	3	1	3
Longitud de la ruta promedio	2.605	2.940	2.374	2.632
Número de nodos	38	37	37	37
Número de aristas	267	145	219	208
Número de nodos aislados	0	10	4	1
Densidad de la red	0.071	0.047	0.059	0.066

sos, lo que indica que existen trayectorias relativamente cortas entre los actores. La red organizacional integral del DPE presentó una densidad de 0.071, lo que significa que solo el 7.1 % de las conexiones posibles entre los 38 nodos está presente. La baja densidad no implica desconexión, ya que la red se mantiene integrada en un solo componente; sin embargo, sí sugiere una configuración más dispersa y menos redundante, en la que nodos como la AAD, la AT y la JDPE, identificados previamente entre los de mayor conectividad y centralidad, desempeñan un papel relevante en la articulación del flujo de información.

Por otro lado, se identificaron nodos con bajo grado de conectividad en la red organizacional integral (Figura 2), como el Profesor de Componente (PC), el Coordinador de Licenciatura en Economía (CE), el Profesor Base y Ayudante de Profesor Base (PBAY) y el Encargado de Bodegas (EBB). Aunque algunos de estos nodos, como el CE, desempeñan funciones relevantes, su bajo grado de conectividad indica que participan de manera más acotada en los flujos representados por esta red.

En conjunto, estos indicadores muestran que la red organizacional integral del DPE mantiene conectividad global y una estructura con trayectorias internas relativamente cortas. A pesar de su baja densidad, las distancias entre nodos sugieren que el flujo de información puede circular mediante trayectorias breves dentro de la red. Sin embargo, esta conectividad depende de la posición de ciertos nodos estratégicos que articulan los procesos, lo que proporciona un punto de partida para analizar los efectos estructurales derivados de la remoción de nodos (Tabla 4).

Robustez de la red

En los diferentes escenarios construidos para evaluar la robustez de la red del DPE, se realizaron simulaciones de remoción de nodos seleccionados en función de su grado de conectividad y centralidad de estrés. El propósito fue observar los cambios en la configuración de la red y estimar el posible impacto de dichas remociones sobre su estructura y conectividad. Los escenarios permitieron identificar diferencias en el nivel de fragmentación de la red y en el número de componentes conectados resultantes después de la remoción de cada nodo.

En el primer escenario de remoción se analizó la separación del nodo más conectado de la red, identificado como AAD (Figura 3). Aunque el coeficiente de agrupamiento permaneció por encima de cero después de su remoción (Tabla 4), la estructura resultante se fragmentó en 11 componentes conectados. Este resultado muestra que la separación de AAD produce una pérdida significativa de cohesión global, ya que diversos nodos o gru-

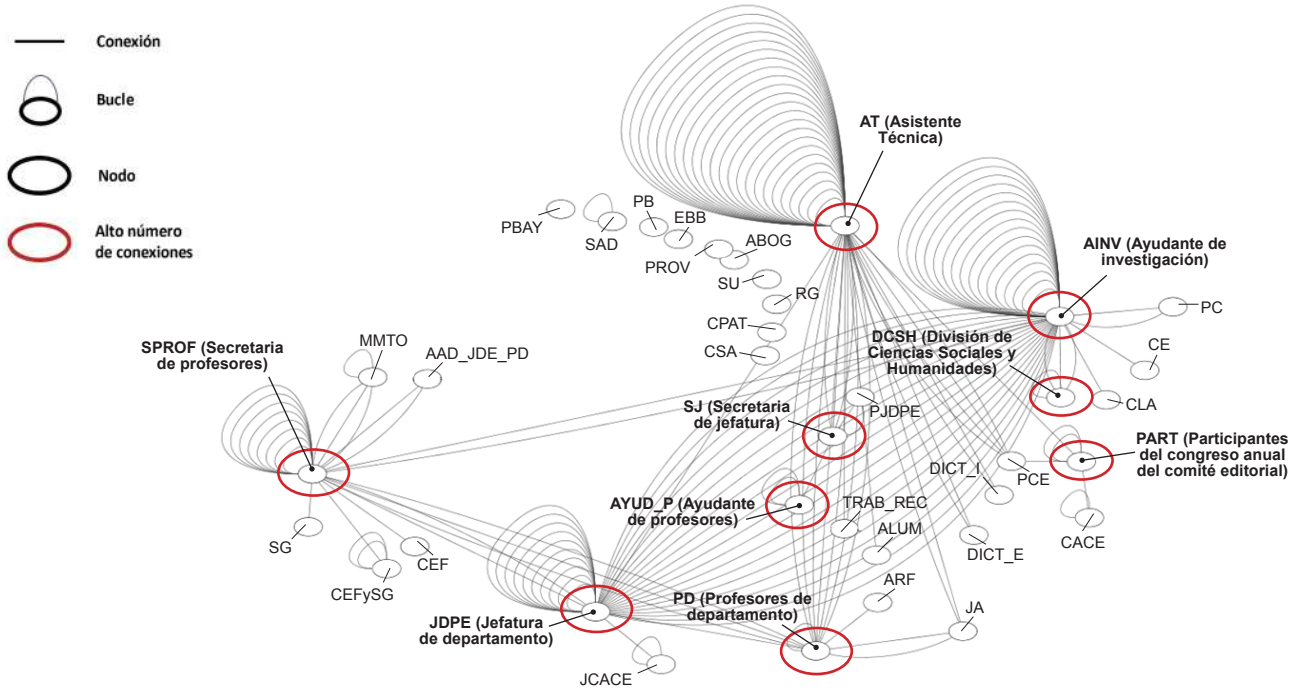


Figura 3. Visualización de la red de la DPE al separar al primer nodo más conectado, en este caso AAD (Asistente administrativa).
Figure 3. Visualization of the DPE network by separating the first most connected node, in this case AAD (Administrative Assistant).

pos de nodos dejan de mantener conexión con el componente principal, lo que puede afectar la continuidad del flujo de información y la funcionalidad de los procesos organizacionales.

En el segundo escenario de remoción se analizó la separación del nodo AT, correspondiente al segundo nodo con mayor grado de conectividad en la red (Figura 4). Como resultado, la red se fragmentó en 6 componentes, por lo que el flujo de información presentó el riesgo de no propagarse de manera efectiva. No obstante, las triangulaciones aún se mantienen en algunas partes de la red, lo que muestra la persistencia de relaciones locales entre ciertos nodos vecinos (Tabla 4).

En el tercer escenario de remoción se analizó la separación del nodo JDPE, correspondiente al tercer nodo con mayor grado de conectividad en la red (Figura 5 y Tabla 4). La estructura resultante se dividió en 2 componentes conectados, con un nodo aislado. Este resultado indica que la remoción de JDPE produce una fragmentación menor en comparación con los escenarios de AAD y AT, por lo que el componente principal conserva una mayor proporción de la conectividad global. Además, la persistencia de triangulaciones en la red sugiere que algunas relaciones locales entre nodos se mantienen después de la remoción. Cabe señalar que AAD y AT son los nodos que combinan mayor grado de conectividad y mayor centralidad de estrés, lo que explica su mayor impacto sobre la operación de los procesos y la cohesión estructural de la red. Para ampliar el análisis de robustez, se continuó con la simulación de escenarios de remoción, separando los nodos de la red en orden descendente según su grado de conectividad, hasta llegar al décimo nodo más conectado. En la Tabla 3 se observan los datos de los nodos removidos, su grado de conectividad y el número de componentes resultantes después de cada remoción.

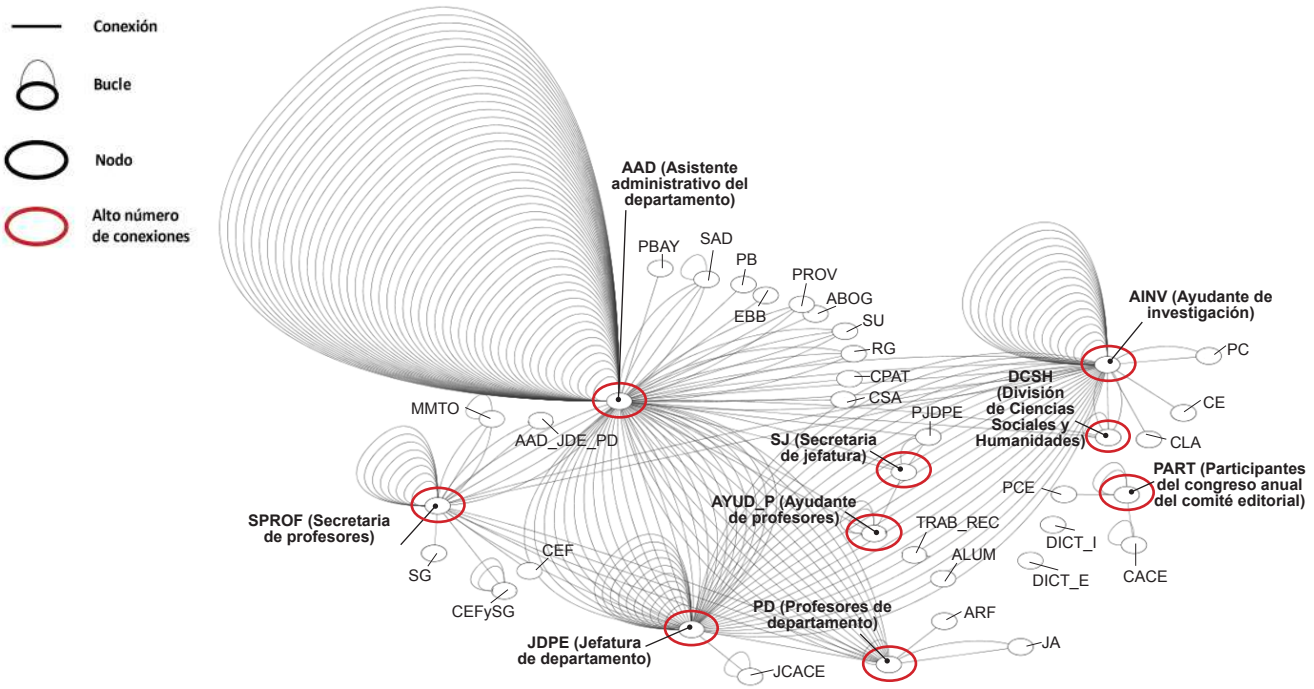


Figura 4. Visualización de la red de la DPE al separar el segundo nodo más conectado: AT (Asistente técnica).
Figure 4. Visualization of the DPE network by separating the second most connected node: AT (Technical Assistant).

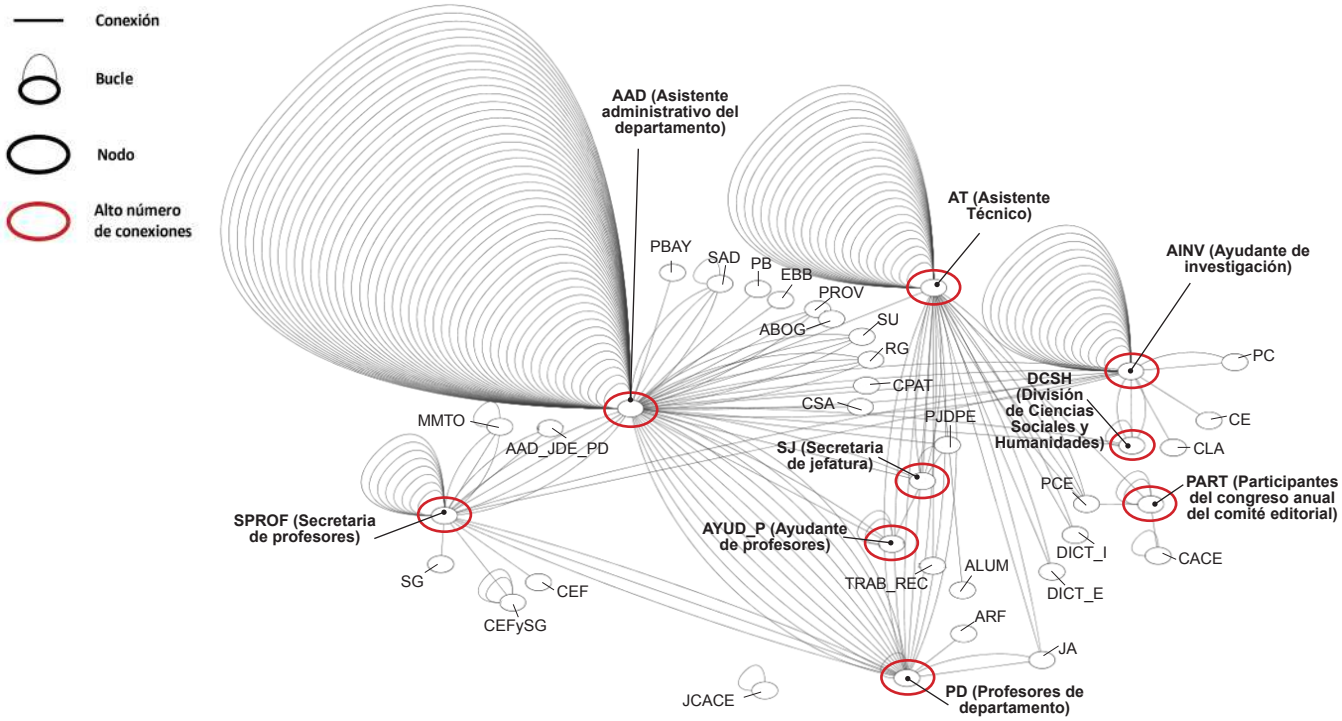


Figura 5. Visualización de la red de la DPE al separar el tercer nodo más conectado: JDPE (jefe(a) del Departamento).
Figure 5. Visualization of the DPE network by separating the third most connected node: JDPE (Head of Department).

La Figura 6 muestra la comparación entre los escenarios de remoción de nodos y el número de componentes resultantes después de cada separación. Los datos fueron normalizados para observar la relación entre el grado del nodo removido y la fragmentación de la red. Por ejemplo, la separación de los nodos SJ, DCSH y AYUD_P no afectó al componente principal, lo que indica que su remoción no produjo una fragmentación estructural relevante. En contraste, la separación del nodo AAD fragmentó la red en 11 componentes, generando un cambio abrupto en la estructura global de la red (Tabla 4).

El coeficiente de correlación de Pearson mostró una correlación positiva alta entre ambas variables, con un valor de $r = 0.885$ y significancia estadística bilateral de $P = 0.00065$, aunque con un tamaño muestral pequeño de $n = 10$ nodos.

Este resultado sugiere que, en los escenarios analizados, la remoción de nodos con alto grado de conectividad se asocia con una mayor fragmentación estructural en la red, expresado en el incremento del número de componentes resultantes.

DISCUSIÓN

El análisis de los diferentes escenarios de la red de procesos del DPE, a partir de la identificación de nodos críticos y la simulación de su remoción, permitió identificar el impacto potencial que su remoción puede generar sobre la estructura organizacional y la circulación de información entre los actores. Los resultados muestran que la fragmentación producida por la remoción de nodos con alta conectividad o centralidad de estrés evidencia vulnerabilidades estructurales asociadas con la dependencia funcional de posiciones específicas dentro de la organización. Asimismo, permite reconocer posibles implicaciones sobre la efectividad operativa, la continuidad de los procesos y los costos organizacionales desde una perspectiva sistémica.

Los nodos con mayor grado de conectividad pueden considerarse nodos estructuralmente

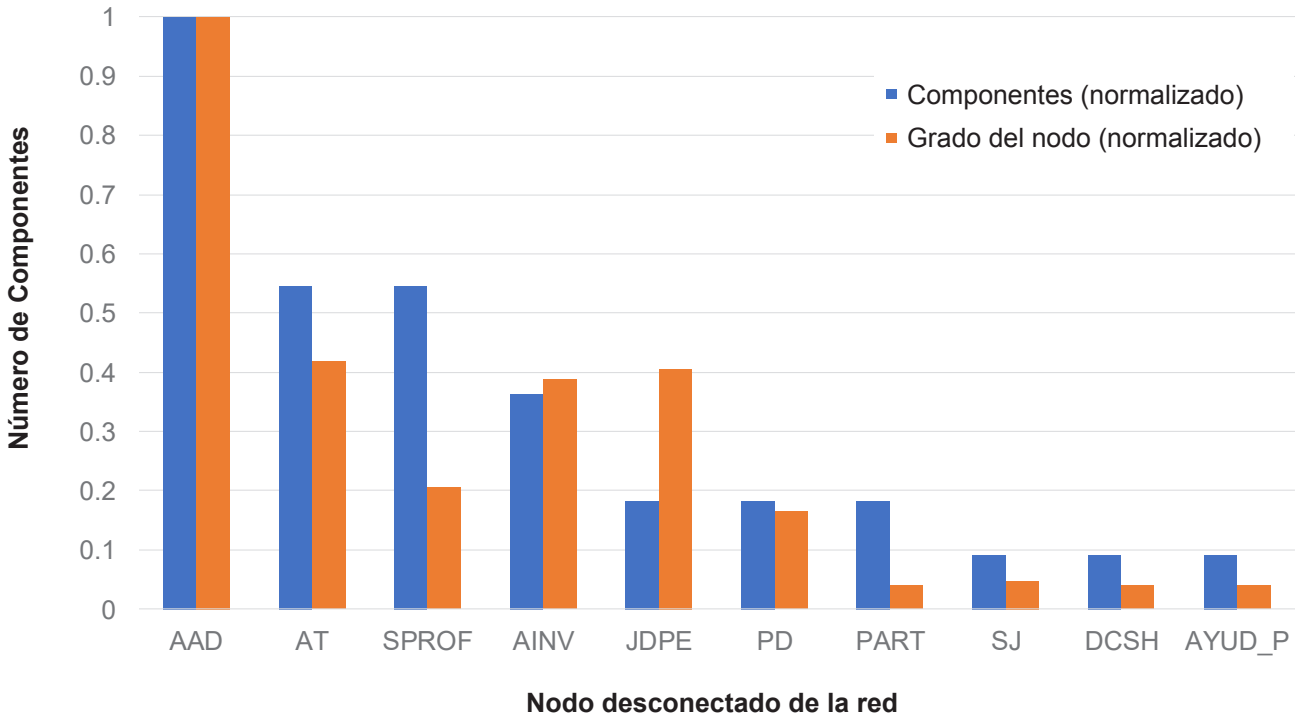


Figura. 6. Comparativo de escenarios.
Figure 6. Scenario comparison.

relevantes dentro de la red, debido a que concentran un mayor número de vínculos con otros nodos. Esta posición puede favorecer en su acceso a la información, su capacidad de difusión y en la articulación de procesos, aunque su influencia también depende de su posición dentro de la estructura de la red (Chen y col., 2023). Los escenarios de remoción mostraron que la separación de esos nodos produjo distintos niveles de fragmentación estructural, poniendo de manifiesto su importancia para mantener la conectividad de la red y la continuidad del flujo de información entre los actores. Estos resultados muestran que el grado de conectividad constituye un indicador útil para identificar nodos críticos; sin embargo, su interpretación se complementa mediante la centralidad de estrés, la cual permite reconocer nodos que desempeñan un papel estratégico en la articulación del flujo de información (Pandey y col., 2022).

La centralidad de estrés identificó los nodos atravesados por un mayor número de caminos más cortos entre pares de nodos de la red. A diferencia del grado, que mide el número directo de conexiones de un nodo, la centralidad de estrés enfatiza su papel como punto de paso o canal de circulación dentro de la estructura. En consecuencia, un nodo puede no presentar el mayor grado de conectividad y, aun así, desempeñar un papel estructuralmente relevante al concentrar trayectorias críticas de comunicación y coordinación entre diferentes sectores de la red. En el caso del DPE, los nodos con alta centralidad de estrés pueden interpretarse como puentes funcionales dentro de la estructura organizacional, ya que concentran trayectorias relevantes para la circulación de información entre distintos actores o áreas del departamento. Su importancia radica en que favorecen la articulación de procesos y la continuidad del flujo de información, aun cuando no necesariamente correspondan a los nodos con mayor grado de conectividad. Esta interpretación es consistente con el papel de las métricas de centralidad para identificar nodos estructuralmente relevantes en redes complejas (Scardoni y Lau, 2012; Wang y col., 2022).

En cualquier estructura de red, la función de un nodo no depende únicamente de sus características individuales, sino también de su posición dentro de la topología general de la red (Khademi y col., 2021). En el caso de la red del DPE, la posición que ocupa cada nodo resulta particularmente relevante, ya que los procedimientos organizacionales generan patrones específicos de conexión, dependencia y circulación de información. Por ello, ciertos nodos pueden convertirse en puntos críticos cuando concentran trayectorias relevantes para la articulación de los procesos o cuando su separación altera la conectividad de la red y, con ello, la continuidad del flujo de información entre los actores. Desde esta perspectiva, la red del DPE debe interpretarse como una representación analítica de una estructura organizacional más amplia que, en palabras de Chanlat (2021), ofrece únicamente una parte de la realidad organizacional.

Los resultados evidencian una concentración de la conectividad y de la centralidad de estrés, en un conjunto de actores del DPE, lo que indica una estructura organizacional con una alta dependencia funcional de determinadas posiciones para mantener la circulación de información y la coordinación de procesos. Este patrón ha sido identificado en otros estudios de redes organizacionales (Li y col., 2023; Ramos y col., 2022), donde la presencia de nodos altamente centrales se asocia con una mayor capacidad de articulación de procesos, pero también con un incremento en la vulnerabilidad estructural frente a su pérdida o inhabilitación. En este sentido, la fragmentación observada tras la remoción de nodos estratégicos evidencia la existencia de puntos críticos cuya ausencia afecta significativamente la cohesión de la red. En conjunto, los resultados muestran que el análisis de redes de procesos organizacionales permite identificar dependencias funcionales que difícilmente son visibles mediante los organigramas o las herramientas tradicionales de análisis organizacional, aportando una perspectiva complementaria para comprender la robustez y la vulnerabilidad de las organizaciones.

Cabe resaltar que, aunque la resiliencia organizacional constituye un referente conceptual del estudio, esta no fue evaluada directamente. Los resultados se centran en identificar condiciones de robustez y vulnerabilidad que, desde una perspectiva estructural, pueden favorecer el fortalecimiento de la capacidad adaptativa de la organización frente a perturbaciones (Khademi, 2021; Marocco y col., 2024).

Es importante señalar que, los resultados deben interpretarse considerando algunas limitaciones inherentes al diseño de investigación. En primer lugar, al tratarse de un estudio de caso único, no pretenden generalizarse estadísticamente, sino contribuir a la comprensión analítica de la estructura y vulnerabilidad de redes organizacionales en contextos específicos. En segundo lugar, la red fue construida a partir de procedimientos documentados mediante trabajo de campo y entrevistas, por lo que constituye una formalización analítica de los procesos organizacionales identificados. Finalmente, la red obtenida corresponde a una representación transversal de las interacciones derivadas de los procedimientos analizados, por lo que no incorpora la dinámica temporal de los flujos de información, las relaciones entre actores ni la evolución de los procesos organizacionales. En este sentido, futuras investigaciones podrán contrastar la estructura formal con las prácticas organizacionales observadas e incorporar análisis dinámicos de redes.

Los resultados obtenidos sugieren que la redistribución de procesos hacia otros nodos constituye una estrategia potencial para reducir la dependencia funcional de actores específicos y fortalecer la continuidad del flujo de información. Cuando una persona concentra múltiples procesos, se convierte en un *hub* o nodo central (Barabási, 2016); su ausencia o pérdida de funcionalidad puede incrementar la vulnerabilidad estructural de la red. Este hallazgo subraya la importancia de diversificar las dependencias funcionales y de promover una gestión del conocimiento transversal, que involucre tanto a los colaboradores como a los directivos (Danko y Crhová, 2025). En particular, los líderes deben comprender las interrelaciones entre los procesos y su alineación con los objetivos organizacionales.

Las vulnerabilidades identificadas en la red ponen de manifiesto la necesidad de adoptar estrategias de gestión capaces de fortalecer la continuidad operativa y reducir la dependencia de nodos críticos. La gestión estratégica concebida desde la perspectiva de los SCA implica articular los elementos organizacionales reconociendo su interconexión e imprevisibilidad. Dicho enfoque supone un cambio desde modelos centrados exclusivamente en el control hacia esquemas orientados al aprendizaje, adaptación y emergencia. Bajo esta perspectiva, las interacciones entre los actores adquieren un papel central, ya que modificaciones locales pueden propagarse y afectar el funcionamiento global de la organización (Castaingts-Teillery, 2015).

Con base en estos resultados, un enfoque de gestión estratégica con perspectiva sistémica constituye un marco útil para comprender y gestionar las interdependencias identificadas entre los actores organizacionales del DPE. En particular, la concentración de la conectividad y de la centralidad de estrés en actores como AAD y AT evidencia la necesidad de fortalecer mecanismos que reduzcan la dependencia estructural de estas posiciones. Entre las acciones potenciales se encuentran la documentación y transferencia de conocimiento, la redistribución de actividades críticas, el establecimiento de esquemas de respaldo operativo y la automatización de tareas administrativas recurrentes. Estas estrategias contribuirían a fortalecer la robustez organizacional y disminuir la vulnerabilidad asociada a la pérdida o ausencia temporal de actores estratégicos, favoreciendo la continuidad operativa de la organización.

En conjunto, los resultados muestran que el análisis de redes de procesos organizacionales permite identificar dependencias funcionales que no necesariamente son visibles en la es-

tructura jerárquica formal de la organización. En el caso del DPE, la mayor fragmentación producida por la remoción de actores operativos como la AAD, en comparación con la observada tras la remoción de la JDE, un cargo con mayor nivel jerárquico en la organización, evidencia que la criticidad estructural de un puesto depende principalmente de la posición que ocupa dentro de la red de procesos y de la función que desempeña en la articulación de la información, más que de la jerarquía formal que representa. Desde esta perspectiva, el análisis de redes constituye una herramienta complementaria para fortalecer la robustez organizacional y orientar estrategias de gestión basadas en una comprensión sistémica de las interdependencias organizacionales.

CONCLUSIONES

El análisis de flujo de información del departamento administrativo seleccionado para el estudio (DPE), a través de una modelización basada en conectividad, centralidad y eficiencia, establece que, en este caso particular, la robustez operativa dependió de la estructura e interconexión de los procesos, más que de la jerarquía formal. La estrategia de remoción de nodos con alto nivel de conectividad y centralidad de estrés permitió identificar dependencias funcionales que permanecen ocultas en la estructura jerárquica formal de la organización y que condicionan su robustez y continuidad operativa. Es importante para esta organización implementar estrategias que establezcan la redistribución de actividades críticas y responsabilidades, para evitar posibles colapsos de los procesos administrativos. Se recomienda desarrollar estudios longitudinales que permitan observar cómo se modifica la red organizacional ante cambios en los procedimientos, la distribución de responsabilidades o en la rotación de actores clave. También debe considerarse contrastar la red construida con información observacional sobre la ejecución cotidiana de los procesos, con el fin de detectar posibles diferencias entre la estructura formal declarada y la práctica organizacional. Es conveniente implementar estudios comparativos con otros departamentos u organizaciones educativas públicas de características similares para evaluar la consistencia de los patrones de concentración, vulnerabilidad y fragmentación identificados en este estudio, así como de redes dirigidas y ponderadas que permitan analizar la dirección, frecuencia e intensidad de las interacciones entre los actores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el financiamiento otorgado para la realización de la estancia de posdoctorado de la Dra. Carmen Hernández Cansino. Asimismo, se agradece al Dr. Gustavo Carreón Vázquez y a la Dra. Alejandra Urbiola Solís por su asesoría durante dicha estancia. Por otro lado, se hace extenso el agradecimiento a la Dra. Graciela Carrillo González por el apoyo y colaboración con este artículo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Artime, O., Marco Grassia, M., De-Domenico, M., Gleeson, J. P. Makse, H. A., Mangioni, G., Perc, M., & Radicchi, F. (2024). Robustness and resilience of complex networks. *Spring Nature* 6, 114-131. https://doi.org/10.1038/s42254-023-00676-y

Aya-Velandia, L. A. (2020). Aportes de los sistemas y redes complejas para la transformación social. *Logos Ciencia & Tecnología,* 12(1), 204-216. https://www.redalyc.org/journal/5177/517762281017/html/

Barabási, A. L. (2016). Network Science. [En línea]. Disponible en: http://networksciencebook.com/. Fecha de consulta: 1 de enero de 2023.

Borgatti, S. P. & Foster, P. C. (2003). The network paradigm in organizational research: A review and typology. *Journal of Management*, 29(6), 991-1013. https://doi.org/10.1016/S014

9-2063(03)00087-4

Castaingts-Teillery, J. (2015). Campos, organizaciones, empresas y cambios estructurales. Un punto de vista a partir de la teoría de los sistemas complejos adaptativos. A*nálisis Organizacional,* 1(7), 62-86.

Castells, M. (2009). Communication power. Oxford, New York: Oxford university press.

Chanlat, J. F. (2021). Gestión y subjetividad en el trabajo en el mundo euroamericano: tres posturas principales. *Innovar,* 31(79), 27-41. https://doi.org/10.15446/innovar.v31n79.91958

Chen, B., Tong, R., Chen, Y., Jiang, P., Gao, X., & Tao, H. (2023). A network key node identification method based on improved multiattribute fusion. *Wireless Communications and Mobile Computing*, (1), 4386621. https://doi.org/10.1155/2023/4386621

Danko, L. & Crhová, Z. (2025). Rethinking the role of knowledge sharing on organizational performance in knowledge-intensive business services. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(4), 13873-13893. https://doi.org/10.1007/s13132-024-02354-5

Demchak, B. (2023). *Cytoscape Product Roadmap*. [En línea]. Disponible en: https://cytoscape.org/roadmap.html. Fecha de consulta: 1 de enero de 2023.

Espín-Noboa, L., Peixoto, T. P., & Karimi, F. (2023). Social network modeling and applications, a tutorial. *arXiv preprint arXiv*: 2306.11004.

Frigotto, M. L., Young, M., & Pinheiro, R. (2022). Resilience in organizations and societies: The state of the art and three organizing principles for moving forward. In R. Pinheiro, M. L. 0, & M. Young (Ed.). *Towards Resilient Organizations and Societies* (pp. 249-276). https://doi.org/10.1007/978-3-030-82072-5_10

Hassel, H. & Cedergren, A. (2025). Facing the unexpected: a literature review on methods for assessing organizational adaptive capacity. *Environment Systems and Decisions,* 45(3), 27.

Hernández-Cansino, C., Carreón-Vázquez, G. y Urbiola-Solís, A. E. (2023). Una metodología a partir de los sistemas complejos adaptativos para la construcción de redes basada en procesos organizacionales. *Acta Universitaria,* 33, 1-18. https://doi.org/10.15174/au.2023.3804

Holland, J. H. (2004). El orden oculto: de cómo la adaptación crea la complejidad. Fondo de Cultura Económica.

Khademi, N., Bababeik, M., & Fani, A. (2021). Sparserail network robustness analysis: Functional vulnerability levels of accidents resulting from human errors. *Journal of Safety Science and Resilience,* 2(3), 111-123. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.07.001

Li, Z., Tang, J., Zhao, C., & Gao, F. (2023). Improved centrality measure based on the adapted PageRank algorithm for urban transportation multiplex networks. *Chaos, Solitons & Fractals,* 167, 112998. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112998

Marocco, S., Marini, M., & Talamo, A. (2024). Enhancing organizational processes for service innovation: Strategic organizational counseling and organizational network analysis. *Frontiers in Research Metrics and Analytics,* 9, 1270501. https://doi.org/10.3389/frma.2024.1270501

Pandey, S. D., Ranadive, A. S., Samanta, S., & Sarkar, B. (2022). Bipolar-Valued Fuzzy Social Network and Centrality Measures. *Discrete Dynamics in Nature and Society,* (1), 9713575.

Ramos, V., Pazmiño, P., Franco-Crespo, A., Ramos-Galarza, C., & Tejera, E. (2022). Comparative organizational network analysis considering formal power-based networks and organizational *hierarchies*. *Heliyon,* 8(1). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08661

Scardoni, G. & Lau, C. (2012). Centralities based analysis of complex networks. New Frontiers in Graph Theory. https://doi.org/10.5772/35846

Schwarze, A. C., Jiang, J., Wray, J., & Porter, M. A. (2024). Structural robustness and vulnerability of networks. *arXiv preprint arXiv*: 2409.07498. https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.07498

Wang, M., Wang, H., & Zheng, H. (2022). A mini review of node centrality metrics in biological Networks. *International Journal of Network Dynamics and Intelligence,* 99-110. https://doi.org/10.53941/ijndi0101009

Watson, M. K., Winchester, C. C., Luciano, M. M.,

& Humphrey, S. E. (2025). Categorizing the complexity: A scoping review of structures within organizations. *Journal of Management*, 51(1), 309-343. https://doi.org/10.1177/01492063241271252

Watts, D. J. (2003). Six degrees: The Science of a Connected Age. Random House.

Xie, Y., Desouza, K. C., & Jabbari, M. (2023). On organizational robustness: A conceptual framework. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 31(1), 105-120. https://doi.org/10.1111/1468-5973.12423

Imágenes de Canva educativo

Estimación de valores de referencia de financiamiento hipotecario en México mediante aprendizaje automático: modelo basado en datos administrativos del SNIIV (2016 a 2025)

Estimation of mortgage financing reference values in Mexico using machine learning: model based on SNIIV administrative data (2016 to 2025)

Fabián Espinoza-Garza[1]*, Yobani Martínez-Ramírez[2], Alan Ramírez-Noriega[2]

RESUMEN

La estimación de valores de referencia del financiamiento hipotecario puede aportar información valiosa para corroborar los resultados de la valuación de propiedades. El objetivo de este estudio fue estimar el monto promedio del crédito hipotecario en México por combinación única de variables socioeconómicas, geográficas y temporales, es decir, valores de referencia agregados y no montos de créditos individuales. Se emplearon tres modelos de aprendizaje automático (AA): bosques aleatorios (Random Forest, RF), árboles de decisión (Decision Tree, DT) y regresión lineal (Linear Regression, LR), a partir de datos administrativos del Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV) del período 2013 a 2025, que comprende 4 515 891 registros. Se analizó el período 2016 a 2025, dado que la UMA (Unidad de Medida y Actualización), empleada para clasificar el valor de la vivienda, opera desde 2016. La depuración comprendió la supresión de valores faltantes, el filtrado por modalidad del crédito, el truncamiento por percentiles, la detección de anomalías mediante Isolation Forest y el filtrado por rangos normativos de UMA, con lo que se obtuvieron 829 542 registros que, agrupados por combinaciones únicas de atributos, produjeron 139 069 observaciones. La estabilidad de los modelos se comprobó mediante validación cruzada de cinco pliegues y su desempeño se evaluó en un conjunto de prueba con la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error porcentual absoluto medio (MAPE) y el coeficiente de determinación (R^2). El modelo RF mostró el mejor rendimiento, con R^2 de 0.970, RMSE de 187 250 pesos y MAPE de 11.48 %, con variabilidad mínima entre pliegues. Este estudio establece que el AA, en especial el RF, puede complementar los métodos tradicionales de valuación, si bien, su uso pleno exige incluir variables físicas del inmueble e incorporarse al marco regulatorio vigente.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje automático, bosques aleatorios, SNIIV, estimación, financiamiento hipotecario.

ABSTRACT

Estimating mortgage financing reference values can provide valuable information to corroborate the results obtained in property valuation. The objective of this study was to estimate the average mortgage loan amount in Mexico for each unique combination of socioeconomic, geographic, and temporal variables, that is, aggregated reference values rather than individual loan amounts. Three machine learning (ML) models were used: random forests (RF), decision trees (DT), and linear regression (LR), based on administrative data from the National Housing Information and Indicators System (SNIIV) for the 2013 to 2025 period, comprising 4 515 891 records. The 2016–2025 period was analyzed, since the UMA (unit of measure and update), used to classify housing value, has been in operation since 2016. Data refinement included removing missing values, filtering by loan modality, percentile truncation, anomaly detection using Isolation Forest and filtering by UMA normative ranges, yielding 829 542 records which, grouped into unique attribute combinations, produced 139 069 observations. Model stability was verified through five-fold cross-validation, and performance was evaluated on a test set using the root mean square error (RMSE), the mean absolute percentage error (MAPE), and the coefficient of determination (R^2). The RF model showed the best performance, with an R^2 of 0.970, an RMSE of 187 250 pesos, and a MAPE of 11.48 %, with minimal variability across folds. This study establishes that ML, especially RF, can complement traditional valuation methods, although its full implementation requires including physical property variables and its integration into the current regulatory framework.

KEYWORDS: machine learning, random forest, SNIIV, estimation, mortgage financing.

***Correspondencia:** fabianespinozagarza@uaim.edu.mx**/Fecha de recepción:** 17 de septiembre de 2025**/Fecha de aceptación:** 3 de septiembre de 2026**/Fecha de publicación:** 21 de septiembre de 2026.

[1]Universidad Autónoma Indígena de México, Unidad Mochis, Fuente de Cristal 2334, Fuentes del Bosque, Los Mochis, Sinaloa, México, C. P. 81229. [2]Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, Los Mochis, Sinaloa, México, C. P. 81210.

 ISSN 2007-7858. 20(2): 180-199 (Ene-Jun 2026) CC BY NC SA https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2058

INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Automático (AA) (ML, por sus siglas en inglés: Machine Learning), es una rama de la inteligencia artificial que desarrolla sistemas que aprenden y mejoran a partir de la experiencia, sin una programación específica (Jordan y Mitchell, 2015), lo que permite emplear algoritmos para extraer información de los datos y realizar predicciones basadas en ellos.

Aplicar estas nuevas herramientas tecnológicas a la valuación inmobiliaria permite aprovechar la riqueza de datos disponibles (por ejemplo, en el segmento de valor de vivienda se consideran rangos que incluyen datos como superficie construida, número de recámaras y calidad constructiva; por otra parte, se considera si es vivienda usada o nueva y la localización del inmueble), empleando diversas fuentes de información relevantes, que sería complicado lograr con los métodos tradicionales (Jafary y col., 2024; Stang y col., 2023). Sin embargo, es necesario considerar que la eficiencia de los algoritmos de AA depende precisamente de que la información destacada esté disponible. Al respecto, el Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (SNIIV) proporciona una base de datos con registros de financiamientos para la vivienda en México; información muy útil para su análisis, contando con registros desde 2013 (SNIIV, 2026). Incluye diversos atributos relevantes, así como, el valor final y clasificaciones de valor expresados en UMAs (Unidad de Medida y Actualización), referencia económica que se actualiza cada año y se emplea para sustituir el uso del salario mínimo como base de cálculo desde el año 2016, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2025a). Por lo que su uso, teóricamente, es viable para entrenar modelos de AA y desarrollar un algoritmo capaz de estimar el importe de financiamientos que permitan inferir los precios de referencia del valor de viviendas en México.

El valor de un bien inmueble se ve influido por diversos factores, los cuales son considerados en los métodos tradicionales de cálculo, como la ubicación, metros cuadrados (m^2) de construcción, atributos particulares de la vivienda, oferta y demanda, entre otros (Jafary y col., 2024; Stang y col., 2023). Actualmente, tecnologías como los modelos de valuación automatizada (AVM, por sus siglas en inglés: Automated Valuation Models), los modelos hedónicos de precios y los algoritmos de AA, junto con los datos históricos disponibles, han mejorado el análisis de datos del mercadoinmobiliario, permitiendo estimaciones más precisas (Verma y col., 2023). Estas tecnologías ya operan de manera complementaria, y en ciertos procesos, alterna a las instancias tradicionales de avalúo. En Estados Unidos, los AVM se emplean en el origen y renovación de créditos hipotecarios (Glumac y Des-Rosiers, 2021; Kok y col., 2017); en los Países Bajos, la valuación catastral masiva anual es apoyada con modelos automatizados; también se usan en el Reino Unido y Corea del Sur (Glumac y Des-Rosiers, 2021; Hong y Kim, 2022). Sin embargo, la existencia de modelos de AA más avanzados y la mayor disponibilidad de datos, permite desarrollar algoritmos precisos y eficientes (Kok y col., 2017), pero su adopción requiere un análisis profundo para lograr una aceptación generalizada, representando así un desafío en la implementación de nuevas metodologías aplicables a la valuación inmobiliaria (Glumac y Des-Rosiers, 2021; Valier, 2020).

Un estudio que ha aprovechado parcialmente los datos administrativos del SNIIV es el realizado por Barrientos-Matute y Ruvalcaba-Gómez (2023), sin embargo, no emplearon modelos de AA y se utilizó solo en una zona específica de México.

La valuación se entiende como un procedimiento de carácter técnico y metodológico que, mediante un análisis integral de los aspectos físicos, económicos, sociales, jurídicos y de mercado, permite estimar el monto, expresado en términos monetarios, de las variables cuantitativas y cualitativas que inciden en el valor de un bien, de acuerdo con el Instituto de

Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN, 2025). En este sentido, las Normas Internacionales de Valuación emitidas por el Consejo de Normas Internacionales de Valuación (IVSC, por sus siglas en inglés: International Valuation Standards Council) establecen un marco normativo común que favorece la transparencia, coherencia y credibilidad en las prácticas de valuación a nivel global (IVSC, 2022). Sin embargo, la valuación inmobiliaria, basada en métodos normados y ampliamente aceptados, es un tema de debate tanto en la práctica profesional como en el ámbito académico, debido a la discrepancia entre los valores estimados en las valuaciones y los precios reales de las transacciones (Kok y col., 2017).

El modelo de valuación inmobiliaria en México, aunque reglado y estructurado, muestra limitaciones en su aplicación y alcance, por lo que existe una necesidad de una mayor integración con las normas internacionales y un enfoque multidisciplinario (Salas-Tafoya, 2018). En el contexto mexicano, la regulación de los servicios de valuación recae principalmente en la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) y el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN) (Salas-Tafoya, 2018). Pero, la implementación de otros enfoques, como los que ofrece el AA a través de modelos como el de bosques aleatorios (RF, por sus siglas en inglés: Random Forest), árboles de decisión (DT, por sus siglas en inglés: Decision Tree) y regresión lineal (LR, por sus siglas en inglés: Linear Regression), podría mejorar la eficiencia, la precisión y la consistencia de los procesos de valuación.

El objetivo de este trabajo fue estimar el monto de financiamiento hipotecario promedio aprobado en México mediante los modelos de AA, RF, DT y LR, entrenados con datos del SNIIV de 2016 a 2025, que cubren todo el territorio nacional, además de comparar su capacidad predictiva, con el propósito de evaluar su posible uso como instrumento de referencia complementario a los métodos de valuación tradicionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en el presente estudio fue cuantitativa (Hernández-Sampieri, 2014), enfocada en el desarrollo y evaluación experimental de un modelo de estimación del monto de financiamiento para vivienda. El enfoque de la investigación incluye limpieza, procesamiento de datos, ingeniería de características y evaluación de los modelos de AA (Mody y col., 2023).

El procedimiento metodológico consistió en las siguientes fases: (1) revisión de la literatura enfocada a modelos de AA aplicados a la valuación inmobiliaria; (2) adquisición y preprocesamiento de datos: limpieza, tratamiento de valores atípicos y selección de variables pertinentes; (3) implementación y entrenamiento de modelos de AA; (4) evaluación comparativa del rendimiento a través de las métricas Coeficiente de Determinación (R^2), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE, por sus siglas en inglés: Root Mean Square Error) y Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE, por sus siglas en inglés: Mean Absolute Percentage Error), empleando una partición de 80/20 para entrenamiento y prueba, validación cruzada para confirmar estabilidad del modelo y análisis de importancia de variables del modelo seleccionado. Las cuatro fases estructuran los apartados siguientes de esta sección, como se indica en los subtítulos correspondientes.

Fase 1. Revisión de la literatura

Se partió de la revisión sistemática de la literatura (RSL) sobre modelos de AA aplicados a la valuación inmobiliaria publicada por Espinoza-Garza y col. (2024); dicha revisión se emplea aquí únicamente como antecedente y su protocolo metodológico completo (bases de datos, cadenas de búsqueda y criterios de inclusión) puede consultarse en la fuente citada, por lo que no se replica en el presente artículo. La selección de los modelos de RF y LR se basó en dicha revisión sistemática, donde reportaron que estos modelos destacaron en un análisis comparativo entre 15 modelos incluidos en el estudio, que emplearon información con características similares a la

 CienciaUAT. 20(2): 180-199 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2058

base de datos del SNIIV. Los modelos de AA que analizan y comparan, se centran en el procesamiento de datos estructurados, considerando atributos cuantitativos y categóricos de bienes inmuebles, y no en imágenes u otras fuentes de información, lo que la hace pertinente para los objetivos planteados.

Fase 2. Adquisición y preprocesamiento de datos

Fuente de datos

Se consideró la información pública procedente del SNIIV que cuenta con información del periodo 2013 a 2025, y consiste en un total de 4 515 891 registros de financiamiento para vivienda en México y 16 variables. El SNIIV es la plataforma oficial de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) que concentra los registros administrativos de los financiamientos para vivienda otorgados por los organismos que integran el sistema (SNIIV, 2026). Cada registro corresponde a un crédito autorizado y describe sus atributos temporales (año y mes de autorización), geográficos (entidad federativa y municipio), socioeconómicos del acreditado (sexo, rango de edad y rango de ingresos) y financieros (organismo, modalidad, destino, tipo, monto y clasificación del valor de la vivienda expresada en UMA), lo que la convierte en la fuente pública más completa sobre el financiamiento formal de vivienda en el país.

Variables del modelo

Se inició con 16 variables, considerando variables numéricas: monto de financiamiento aprobado (monto), número de créditos autorizados (acciones) y año (año); y categóricas, entre las que destacan la entidad federativa (clave_entidad), el municipio (cve_mun, clave_municipio), nombre de entidad o municipio (entidad/municipio), el organismo y modalidad del crédito (organismo, modalidad, destino, tipo), características del beneficiario (sexo, edad_rango, ingresos_rango) y de la vivienda (vivienda_valor), así como el mes de autorización (mes). Sin embargo, la base de datos final utilizada para realizar los entrenamientos de los modelos se constituyó de 7 variables (Tabla 1), resultado de eliminar 9 de las 16 variables originales: (1) el mes, (2) el nombre de la entidad federativa, (3) el nombre del municipio, (4) el sexo, (5) el rango de edad, (6) el organismo financiador, (7) el destino del crédito, (8) el tipo de financiamiento y (9) el número de acciones. Dichas variables se descartaron en función de tres criterios: (1) redundancia, cuando la información ya estaba contenida en otra variable; (2) ausencia de valor predictivo, que no inciden directamente en el monto del crédito; e (3) irrelevancia para la valuación del inmueble, excluyendo variables demográficas del acreditado cuya relación con el valor de la vivienda no es directa.

Adquisición y depuración de datos

Los datos para el análisis y modelado se obtuvieron y prepararon, considerando como fuente de datos los proporcionados por el SNIIV, que incluye instituciones que otorgan créditos para vivienda, como Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), Banco Nacional del Ejército, Fuerza Aérea y Armada (BANJERCITO), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), HABITAT MEXICO, Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), Instituto de la Vivienda (INVI), Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas (ISSFAM), Petróleos Mexicanos (PEMEX) y SHF.

Se incluyeron créditos autorizados en México de 2013 a 2025, con un promedio de 347 376 registros por año y un total de 4 515 891 registros disponibles (SNIIV, 2026). Los archivos anuales de datos abiertos del SNIIV empleados en esta versión se descargaron el 24 de febrero de 2026 y contienen los créditos autorizados hasta el 31 de diciembre de 2025, último corte anual disponible; dado que la SEDATU actualiza periódicamente los archivos publicados, todas las cifras reportadas corresponden a ese corte y son reproducibles con los scripts del repositorio del proyecto.

Tabla 1. Datos depurados de la base de datos del SNIIV y sus características.
Table 1. Refined data from the SNIIV database and its characteristics.

Nombre del campo	Descripción	Tipo	Valores	Rol	Criterio
Año	Año del crédito	Numérica discreta	2013 a 2025	Explicativa	Capta tendencias temporales y ajuste UMA
Clave_entidad	Clave INEGI de entidad federativa	Categórica ordinal	1 a 32	Explicativa	Ubicación regional
cve_mun Clave_municipio	Clave INEGI de municipio	Categórica ordinal	Variable	Explicativa	Ubicación local
Modalidad	Modalidad del crédito hipotecario	Categórica nominal	1 = Vivienda nueva *2 = Mejoramiento 3 = Vivienda usada *4 = Otros programas	Explicativa	Determina tipo de inversión
Ingresos_rango	Rango de ingresos del acreditado en UMAs	Categórica ordinal	1 = 2.6 o menos 2 = 2.61 a 4.00 3 = 4.01 a 6.00 4 = 6.01 a 9.00 5 = 9.01 a 12.00 6 = más de 12 (UMAs mensuales)	Explicativa	Correlacionado con segmento de vivienda
Vivienda_valor	Segmento de valor de vivienda según UMAs	Categórica ordinal	1 = Económica 2 = Popular 3 = Tradicional 4 = Media; 5 = Residencial 6 = Residencial plus	Explicativa	Variable de mayor importancia predictiva
Monto_promedio	Monto promedio del crédito hipotecario (MXN)	Numérica continua	Variable	Variable objetivo	Variable a predecir

*Modalidades excluidas en la depuración.

El procesamiento de la base de datos se llevó a cabo utilizando el lenguaje de programación Python (versión 3.10), junto con la biblioteca especializada Pandas (McKinney, 2010).

Las variables seleccionadas cubren tres dimensiones clave para la estimación del monto de financiamiento. La temporal, representada por año, captura la evolución del mercado inmobiliario en términos de inflación y política habitacional. La geográfica, mediante las claves de entidad federativa y municipio, refleja las diferencias territoriales en el valor de la vivienda. Cabe precisar que estas claves no se emplean como magnitudes numéricas: en los modelos de árboles (DT y RF) actúan como categorías de partición territorial, ya que cada división sucesiva del árbol agrupa conjuntos de entidades o municipios sin presuponer un orden ni una distancia entre las claves. Su función es permitir que el modelo capture diferencias territoriales en los montos, asociadas, por ejemplo, a los costos del suelo

y de construcción de cada territorio, no establecer una relación numérica directa con la variable objetivo. Por esta razón, las claves se incluyen como predictores de partición, pero se excluyen de la interpretación sustantiva del análisis de correlación, cuyo coeficiente carece de significado para códigos de identificación sin orden territorial. Por último, la dimensión socioeconómica, integrada por el rango de ingresos del beneficiario y el valor de la vivienda, caracteriza el segmento de mercado del inmueble, mientras que modalidad complementa esta dimensión al determinar las condiciones del financiamiento otorgado. Las variables de carácter administrativo o asociadas al perfil demográfico del acreditado se excluyeron por no contribuir directamente a la estimación del monto del acreditado.

La variable modalidad, si bien de naturaleza administrativa, se conservó porque contiene el tipo de operación inmobiliaria (adquisición de vivienda nueva, usada o suelo), condición que incide directamente en el monto del financiamiento y no está contenida en otras variables. No obstante, por tratarse de una variable categórica nominal, reducida a dos categorías tras la depuración (vivienda nueva y usada), no se incluye en la matriz de correlación, ya que el coeficiente de rangos carece de sentido para categorías sin un orden intrínseco; su aporte se evalúa únicamente a través de los modelos, donde actúa como predictor de partición. Se buscó asegurar la calidad y consistencia de los datos mediante la identificación y el tratamiento de valores faltantes, así como el filtrado de valores atípicos. Además, se eliminaron los datos que tenían atributos con valores faltantes, reduciendo los registros a 3 237 394 observaciones. Posteriormente, se conservaron únicamente los créditos de vivienda nueva o usada, considerando nuevas las viviendas recién construidas que nunca habían sido habitadas, y se descartaron los correspondientes a mejoramientos y otros programas; dicho filtro de modalidad constituyó la reducción principal de esta etapa, con 622 748 registros eliminados (de 3 237 394 a 2 614 646 registros).

Enseguida, se eliminaron los valores extremos mediante truncamiento por percentiles, eliminando el 0.01 % superior e inferior de monto del conjunto ya filtrado, lo que suprimió 11 180 registros adicionales (de 2 614 646 a 2 603 466 registros). Esta cifra, incluida en los 11 180 registros del truncamiento que se muestran en la Figura 1, supera el 0.02 % nominal del truncamiento porque el percentil inferior del monto coincide con 0.00 pesos: al aplicarse la desigualdad estricta, el filtro descarta también los 10 906 registros con monto nulo y 12 con monto negativo, carentes de sentido económico.

Además, se aplicó el algoritmo Isolation Forest (contamination = 0.000 01, n_estimators = 100, random_state = 42), que identificó y eliminó 27 registros atípicos multivariados (< 0.001 % del conjunto). En conjunto, el filtro de modalidad, el truncamiento por percentiles y el Isolation Forest eliminaron 633 955 registros (622 748 + 11 180 + 27), resultando un conjunto final depurado de 2 603 439 registros.

Posteriormente, se excluyeron los registros anteriores a 2016 (años 2013 a 2015), dado que la UMA opera como unidad de referencia para la clasificación de vivienda únicamente desde ese año, quedando 2 108 109 registros. A continuación, se aplicó un doble filtro por rangos normativos de UMA, con un límite inferior y un límite superior definidos por año y por clase de valor de la vivienda, conforme a los rangos oficiales de la clasificación por UMA del SNIIV (SNIIV, 2026). El propósito de este filtro fue conservar únicamente los créditos cuyo monto es consistente con la clase de valor de vivienda declarada en el propio registro: los montos inferiores al límite de su clase corresponden, por ejemplo, a cofinanciamientos parciales o errores de captura, mientras que los superiores resultan incompatibles con la clase declarada. De los 2 108 109 registros del periodo 2016 a 2025, se excluyeron 1 278 567 registros en total (60.6 %), 696 270 registros (33.03 %) por situarse debajo del límite inferior y 582 297 registros (27.62 %)

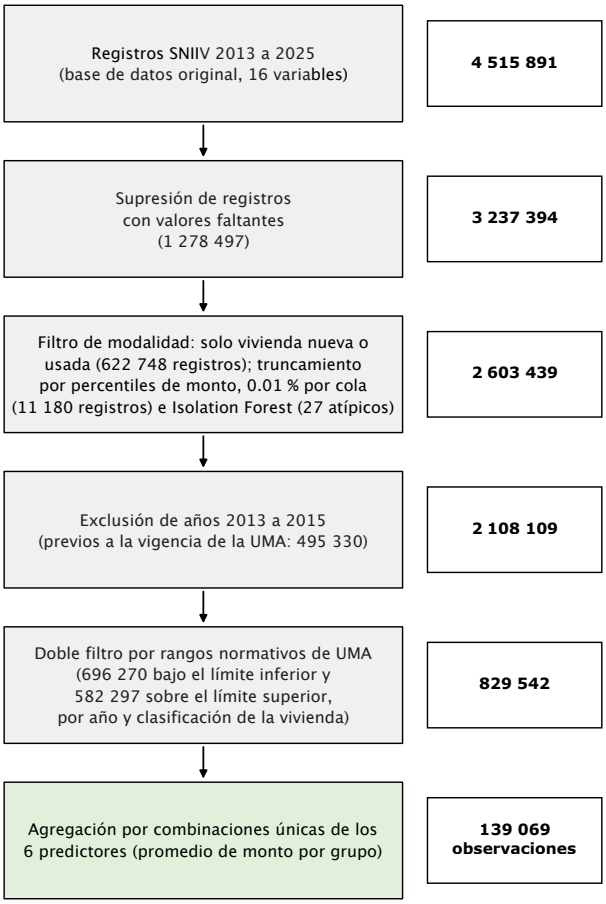


Figura 1. Cascada de depuración de la base de datos del SNIIV: registros conservados tras cada etapa, desde los 4 515 891 registros descargados hasta las 139 069 observaciones agregadas empleadas en el modelado.
Figure 1. Data-cleaning cascade of the SNIIV database: records retained after each stage, from the 4 515 891 downloaded records to the 139 069 aggregated observations used for modeling.

por superar el límite superior de su clase y año; conformando el conjunto de análisis con 829 542 registros de alta calidad.

Más adelante, se agruparon los datos considerando el promedio de las combinaciones posibles de sus atributos. Se calculó un valor promedio para cada año, usando solo las observaciones que tenían los mismos valores en los atributos de modalidad, entidad federativa, municipio, rango de ingresos y valor de la vivienda. En otras palabras, se calculó el promedio de los cambios para cada grupo de datos que tenían características similares en esas variables, consolidando en una sola observación todos los créditos que comparten idéntica combinación de dichos atributos.

Sobre cada grupo resultante se aplicó una función de agregación que calcula el monto crediticio promedio, reduciendo así el conjunto de datos a valores representativos por segmento, conformándose finalmente una base de datos con 139 069 observaciones agregadas (Figura 1). Cada combinación agrupó en promedio 5.96 créditos (mediana = 3; rango: 1 a 81); el 34.3 % de las combinaciones quedó integrado por un solo crédito, el 33.0 % de 2 a 5, el 27.0 % de 6 a 20 y el 5.6 % por más de 20 créditos.

Así mismo, se calculó la matriz de correlación y se visualizó mediante un mapa de calor para identificar la correlación entre variables y determinar la relación entre la etiqueta y sus atributos. Además, se generó un diagrama de dispersión geográfico de los registros, utilizando las coordenadas de cada municipio y diferenciando por segmento de valor de la vivienda, con el propósito de verificar la cobertura territorial de la base de datos. Ambas visualizaciones se elaboraron empleando las funciones que ofrece la biblioteca Matplotlib (Hunter, 2007). Es importante resaltar que, con el propósito de verificar la distribución geográfica de los registros, se incorporaron temporalmente las coordenadas de cada municipio (latitud y longitud) mediante el catálogo geoestadístico (INEGI, 2025b). Una vez concluida la revisión visual, estas columnas fueron eliminadas de la base de datos definitiva.

Análisis exploratorio y correlación de variables

Se realizó un análisis del coeficiente de correlación de Spearman utilizando la fórmula descrita por Restrepo y González (2007). Para la interpretación de la fuerza de asociación se siguió a Carranza-Rodríguez y col. (2024), considerando el valor absoluto del coeficiente: nula (0), pequeña (> 0 y ≤ 0.3), mediana

(> 0.3 y ≤ 0.5) y grande (> 0.5 y < 1) y completa (1). El análisis evaluó las relaciones bilaterales entre el monto de financiamiento aprobado, el año, las claves de entidad federativa y municipio, la modalidad del crédito, el rango de ingresos del beneficiario y el valor de la vivienda.

Construcción de la variable objetivo

Para cada combinación única de los 6 predictores se calculó el monto promedio aprobado (monto_promedio = media de monto por grupo), que constituye la variable objetivo del modelo. Este proceso de agregación transforma el problema de predecir créditos individuales en predecir un valor de referencia de mercado para cada perfil combinado de condiciones. Para garantizar la reproducibilidad de todos los procesos: partición de datos, validación cruzada, entrenamiento de modelos y detección de anomalías, se fijó la semilla aleatoria en random_state = 42 en todos los pasos.

Fase 3. Implementación y entrenamiento de los modelos de aprendizaje automático

En la fase de experimentación, se generaron tres modelos de regresión utilizando los algoritmos de aprendizaje automático detallados anteriormente (RF, DT y LR).

Modelos de AA

El modelo DT es un método supervisado no paramétrico utilizado para clasificación y regresión (Pedregosa y col., 2011). Este método construye el modelo realizando una serie de particiones binarias sucesivas, denominadas nodos. En su variante de regresión, que es la empleada en este estudio, la impureza de cada nodo se midió con la varianza de la variable objetivo dentro del nodo, es decir, con el error cuadrático medio (MSE, por sus siglas en inglés: Mean Squared Error) de las observaciones respecto a la media del nodo; en cada nodo se busca la división que produzca los nodos hijos más homogéneos posibles, esto es, la que minimice el MSE combinado de los nodos resultantes. La impureza del nodo t se calculó mediante la fórmula (1) (Breiman y col., 1984; Hastie y col., 2009):

$$MSE(t) = \frac{1}{N_t} \sum_{i \in D_t} (y_i - \overline{y_t})^2 \quad (1)$$

Donde:
MSE (t) = impureza del nodo t: promedio de los errores cuadráticos respecto a la media del nodo.
N_t = número total de observaciones en el nodo t.
D_t = conjunto de observaciones que integran el nodo t.
y_i = valor observado de la variable objetivo (monto promedio) para la observación i del nodo t.
$\overline{y_t}$ = media de la variable objetivo en el nodo t.

En cada nodo, el árbol elige la variable y el punto de corte que producen la mayor reducción del MSE ponderado de los nodos hijos respecto al nodo padre; la predicción de cada nodo terminal es la media de las observaciones que contiene.

A su vez, RF está conformado por un conjunto de árboles de decisión (DT); su predicción se obtuvo promediando los resultados de las predicciones de cada árbol individual del cual está compuesto. Por otra parte, el modelo LR se deriva de una técnica estadística utilizada para predecir el resultado de una variable de respuesta, empleando un número de variables que la explican conforme a la fórmula (2) (Maulud y Abdulazeez, 2020):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (2)$$

Donde:
y = la variable dependiente.
β_0 = el intercepto del modelo.
β_1 = el coeficiente de regresión o pendiente que mide el efecto de x sobre y.
ε = el término de error aleatorio que recoge la variabilidad no explicada por el modelo.

La regresión lineal múltiple se calculó con la fórmula (3) (Maulud y Abdulazeez, 2020):

$$\hat{\beta} = \left(X^T X\right)^{-1} X^T y \quad (3)$$

Donde:
$\widehat{\beta}$ = el vector de coeficientes estimados del modelo de regresión múltiple.
X = la matriz de variables explicativa.
X^T = la transpuesta de la matriz X.
y = el vector de los valores observados de la variable dependiente.
$(X^T X)^{-1}$ = la matriz inversa del producto $X^T X$.

Configuración de hiperparámetros

El modelo RF fue configurado con los siguientes hiperparámetros: n_estimators = 200, max_depth = 15, min_samples_split = 5, min_samples_leaf = 2, max_features = 'sqrt'. El modelo DT se entrenó sin restricción de profundidad (criterion = 'squared_error'). La LR se ajustó por mínimos cuadrados ordinarios sin regularización. Todos los modelos se inicializaron con random_state = 42 para reproducibilidad. Los valores de los hiperparámetros del RF se establecieron de manera heurística, partiendo de los valores por defecto de la biblioteca y de configuraciones recomendadas en la literatura, verificando su efecto mediante ensayos preliminares sobre el conjunto de entrenamiento; no se realizó una búsqueda sistemática de hiperparámetros (grid search o random search con validación cruzada; Bergstra y Bengio, 2012), lo que se reconoce como una oportunidad de mejora.

Implementación computacional

Tanto el entrenamiento como la evaluación del modelo se llevó a cabo utilizando las métricas disponibles en la biblioteca Scikit-Learn, versión 1.4 (Pedregosa y col., 2011). Posteriormente, se realizó la implementación, creando un entorno con código ejecutable en el lenguaje Python, versión 3.10, mediante la plataforma Colab (Colaboratory), la cual permitió escribir y ejecutar código en Python directamente desde el navegador, sin necesidad de configuraciones adicionales (Google, 2025). De esta manera, se crearon resultados reproducibles y se generó la documentación de los procesos realizados. Por último, se guardó el modelo previamente entrenado y validado mediante las métricas mencionadas, y fue así como se llevaron a cabo pruebas que permitieron verificar empíricamente los resultados obtenidos posteriormente.

La experimentación se realizó en Google Colaboratory (Google, 2025), empleando un entorno CPU estándar con Python 3.10 y Scikit-Learn 1.4. El tiempo total de entrenamiento de los tres modelos (RF, DT y LR) sobre el conjunto de entrenamiento fue de aproximadamente 15 min. El entorno de Colab fue seleccionado por su accesibilidad, gratuidad y compatibilidad con los paquetes de cómputo científicos utilizados.

Fase 4. Evaluación comparativa del rendimiento

Diseño experimental: partición de datos y validación cruzada

Para el diseño experimental se efectuó la división de los datos. Los registros del conjunto de datos se dividieron en dos subconjuntos mutuamente excluyentes: 80 % para entrenamiento y 20 % para prueba, con semilla aleatoria fija para garantizar la reproducibilidad. La validación cruzada de cinco pliegues (k-fold cross-validation, k = 5) se incluyó en el diseño experimental con un objetivo concreto: probar la estabilidad del modelo, al comprobar que el rendimiento observado no es consecuencia de una partición concreta de los datos, sino una propiedad genérica del algoritmo frente a distintas divisiones del conjunto de entrenamiento. Con este fin, el conjunto de entrenamiento (80 % de los datos) se dividió en cinco subconjuntos mutuamente excluyentes y exhaustivos; en cada iteración, se utilizaron cuatro subconjuntos para entrenar el modelo y el restante para evaluar su desempeño, rotando sistemáticamente hasta agotar las cinco combinaciones posibles. Así, el R^2 medio entre pliegues se toma como estimador de la consistencia interna del modelo. Dicho procedimiento es importante diferenciarlo de la evaluación final de desempeño predictivo, la cual se hizo únicamente sobre el conjunto de prueba independiente (20 % reservado desde el principio), que no participó en ningún proceso de entrenamiento o ajuste. De esta manera, las métricas constituyen una eva-

 CienciaUAT. 20(2): 180-199 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2058

luación fuera de la muestra, libre de sesgo por sobreajuste.

Métricas de evaluación del rendimiento

El rendimiento de los modelos se midió mediante el coeficiente de determinación (R^2) que mide la proporción de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo, de modo que valores más altos reflejan un mejor ajuste al promedio de la variable objetivo. Es importante resaltar que el R^2 mide la proporción de varianza explicada y no constituye por sí mismo una medida de precisión predictiva en valores absolutos; para ese propósito se emplean el RMSE expresado en las mismas unidades que la variable objetivo y MAPE expresado en porcentaje. En particular, el RMSE cuantifica la magnitud promedio de los errores de predicción, penalizando en mayor medida los errores grandes, por lo tanto, valores más bajos indican mayor precisión del modelo y el MAPE cuantifica el error relativo promedio entre los valores reales y los estimados, expresado en términos porcentuales, de manera que, menores valores denotan una mayor exactitud en las predicciones. Se calculan con las fórmulas (4), (5) y (6), respectivamente (Gunes, 2023):

R^2 se calcula como se muestra en la fórmula (4):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Donde:
n: número de observaciones.
y_i: valor real de la observación i.
$\hat{y}_i$: valor predicho por el modelo para la observación i.
$\bar{y}$: media aritmética de todos los valores reales.
$\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$: suma de los errores cuadrados.
$\sum (y_i - \bar{y})^2$: suma total de cuadrados.

El RMSE resultante siempre es ≥ 0 y el valor más cercano a 0 es el ideal, se calcula mediante la fórmula (5):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \widehat{y_i})^2} \quad (5)$$

Donde:
n: número de observaciones o tamaño de la muestra.
y_i: valor real observado.
$\hat{y}_i$: valor predicho por el modelo.
$(y_i - \hat{y}_i)$: error de predicción.

MAPE mide el error promedio de predicción, el resultado se expresa en porcentaje mediante la multiplicación por 100, y su valor ideal es el más cercano a 0, mediante la fórmula (6):

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right| \quad (6)$$

Donde:
n: número de observaciones.
y_i: valor real observado.
$\hat{y}_i$: valor predicho por el modelo.
$\left|\frac{y_i - \widehat{y_i}}{y_i}\right|$: valor absoluto del error relativo.

Empleando las métricas antes mencionadas se midió el rendimiento de los modelos y estos se ajustaron para mejorar los resultados obtenidos, de acuerdo con varios autores como Deppner y col. (2023), Jung y col. (2022), Matey y col. (2022), Nazarov y Yarmatov (2023).

Consideraciones éticas

Los datos utilizados en este estudio son de acceso público y anónimos, publicados por el SNIIV. No contienen identificadores personales que permitan la individualización de los acreditados. Así mismo, el código fuente y el flujo de procesamiento están disponibles públicamente en el repositorio de GitHub: https://github.com/buhodigital/Estimaci-n-vivienda-modelos-AA

RESULTADOS

Análisis de correlación

Los resultados mostraron una correlación positiva grande entre el valor de la vivienda y el monto del crédito (ρ = 0.94) (Figura 2), magnitud favorecida por el filtro de rangos normativos de UMA, que acota el monto según la clase de la vivienda, lo cual indica que, a mayor valor de la vivienda, se otorgan montos de financiamiento más altos (Carranza-Rodríguez

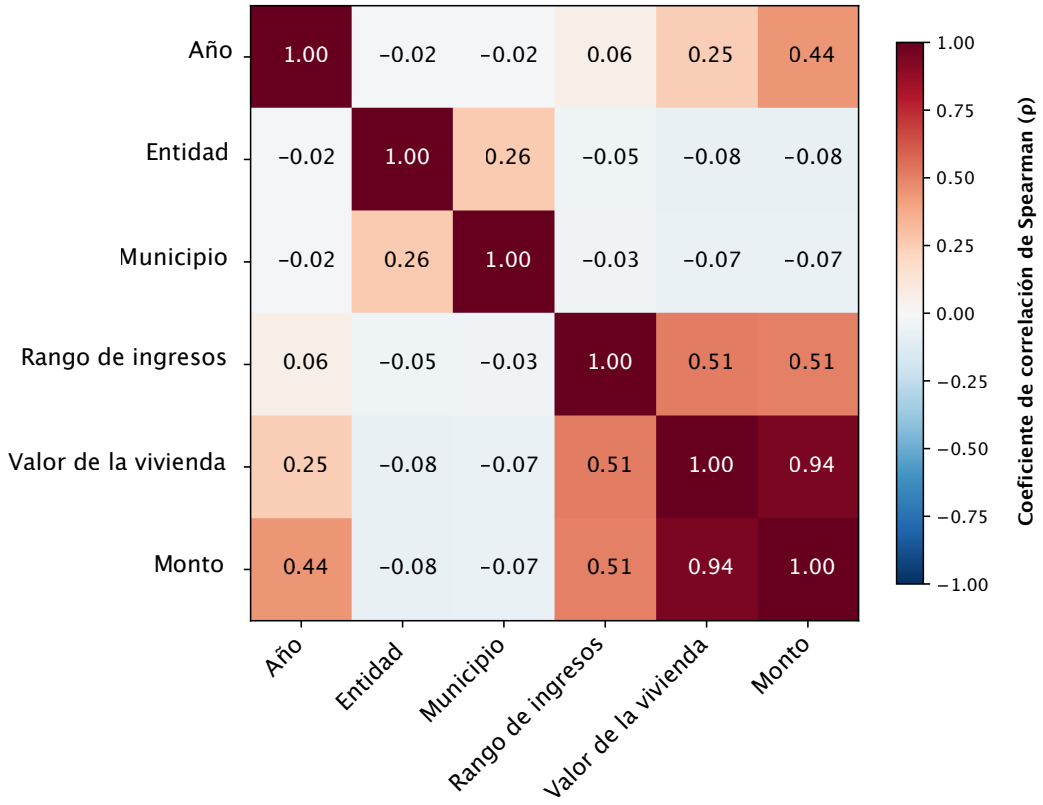


Figura 2. Matriz de correlación de Spearman entre las cinco variables predictoras ordinales y el monto de financiamiento aprobado, calculada sobre la base depurada corregida (n = 829 542 registros).
Figure 2. Spearman correlation matrix between the five ordinal predictor variables and the approved financing amount, computed on the corrected refined dataset (n = 829 542 records).

y col., 2024). También se encontraron correlaciones positivas grandes (Figura 2) entre el rango de ingresos y el valor de la vivienda y rango de ingresos y el monto (ρ = 0.51 en ambos casos), lo que sugiere que mayores ingresos del acreditado se asocian con un monto de crédito más alto, para obtener un valor más elevado del índice del valor de la vivienda. El año y el monto mostraron una correlación mediana (ρ = 0. 44), lo que podría asociarse a la tasa de inflación anual. Además, se reportaron correlaciones pequeñas entre el año y el valor de la vivienda (ρ = 0.25), lo que es congruente con el desplazamiento gradual de la composición de los segmentos de vivienda a lo largo del periodo analizado; y entre las claves de entidad y municipio (ρ = 0.26), asociación esperable por la estructura jerárquica de las claves geográficas del INEGI, que no se interpreta sustantivamente. En contraste, la relación del monto con las claves de entidad y municipio presentaron coeficientes cercanos a cero ($\rho \approx -0.08$ y -0.07), que tampoco se interpretan sustantivamente: al ser códigos de identificación sin un orden territorial, estas variables participan en los modelos únicamente como categorías de partición territorial. La variable modalidad se excluyó de la matriz de correlación por tratarse de una variable categórica nominal, y se conservó solo como predictor del modelo. Todas las correlaciones de Spearman reportadas en esta sección, fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0.001$), lo cual es esperable dado el tamaño de la muestra (n = 829 542 registros).

En la Tabla 2 se observan las 10 entidades con mayor número de registros de créditos de vivienda del conjunto depurado. El Estado de México, Nuevo León, Veracruz, Jalisco y Gua-

Tabla 2. Entidades federativas con mayor número de registros en el conjunto depurado (n = 829 542).
Table 2. Federal entities with the largest number of records in the refined dataset (n = 829 542).

Entidad federativa	Registros (n)	Porcentaje (%)
México	73 575	8.87
Nuevo León	57 128	6.89
Veracruz	56 921	6.86
Jalisco	52 861	6.37
Guanajuato	39 104	4.71
Coahuila	38 317	4.62
Ciudad de México	36 392	4.39
Puebla	34 312	4.14
Tamaulipas	30 498	3.68
Sonora	29 923	3.61
Resto de las entidades (22)	380 511	45.86
Total	**829 542**	**100.00**

najuato concentraron la mayor cantidad de registros acumulando en conjunto el 33.7 % del total. La distribución geográfica se muestra en la Figura 3, sobre los contornos del territorio nacional y de las entidades federativas. A mayor valor del índice de valor de la vivienda, mayor tamaño, precio y equipamiento de la vivienda; estas se clasifican del 1 al 6 desde "económica" a "residencial plus" (SNIIV, 2026).

Evaluación y comparación de modelos

El modelo RF obtuvo el mejor rendimiento, con un coeficiente de determinación R^2 de 0.982 sobre el conjunto de entrenamiento (80 %) y R^2 de 0.970 sobre el conjunto de prueba independiente (20 %), lo que indica que, a partir exclusivamente de variables socioeconómicas y geográficas, es posible explicar el 97.0 % de la variabilidad en los montos promedio de financiamiento hipotecario. Asimismo, RF alcanzó el menor MAPE (11.48 %) y el menor RMSE (187 250 pesos), superando en ambas métricas a DT y LR (Tabla 3).

La Figura 4a ilustra la distribución de registros antes de aplicar los rangos normativos, mostrando la dispersión de montos fuera de los límites UMA, al contrastarla con la Figura 4b que presenta la distribución resultante tras la delimitación, donde la concentración de datos dentro de los rangos válidos es notoriamente mayor. Esta comparación visual complementa los resultados de dispersión del modelo RF presentados en la Figura 5: la depuración por rangos normativos reduce la dispersión de los montos, lo que se refleja en una mejor predicción.

En la Figura 5a se muestra la dispersión entre los valores reales y los predichos por el modelo RF en el conjunto de entrenamiento, con R^2 = 0.982. Se observa una mayor concentración de observaciones en el rango de valores bajos, segmento donde el modelo tiene mayor precisión, lo cual es coherente con la distribución asimétrica de los datos. El comportamiento se mantiene en el conjunto de prueba mostrado en la Figura 5b, con R^2 = 0.970, lo que confirma la capacidad de generalización del modelo sobre la base depurada mediante los rangos normativos de UMA.

Finalmente, la validación cruzada k-fold confirmó la robustez y estabilidad de los tres modelos desarrollados (Tabla 4). Las desviaciones estándar del R^2 entre pliegues fueron bajas en todos los casos: RF (σ = 0.000 3), LR (σ = 0.001 1) y DT (σ = 0.001 4). Para el caso particular del RF, los valores de R^2 por pliegue oscilaron en un rango de 0.970 a 0.971, indicando una gran consistencia frente a distintas particiones del conjunto de datos. De

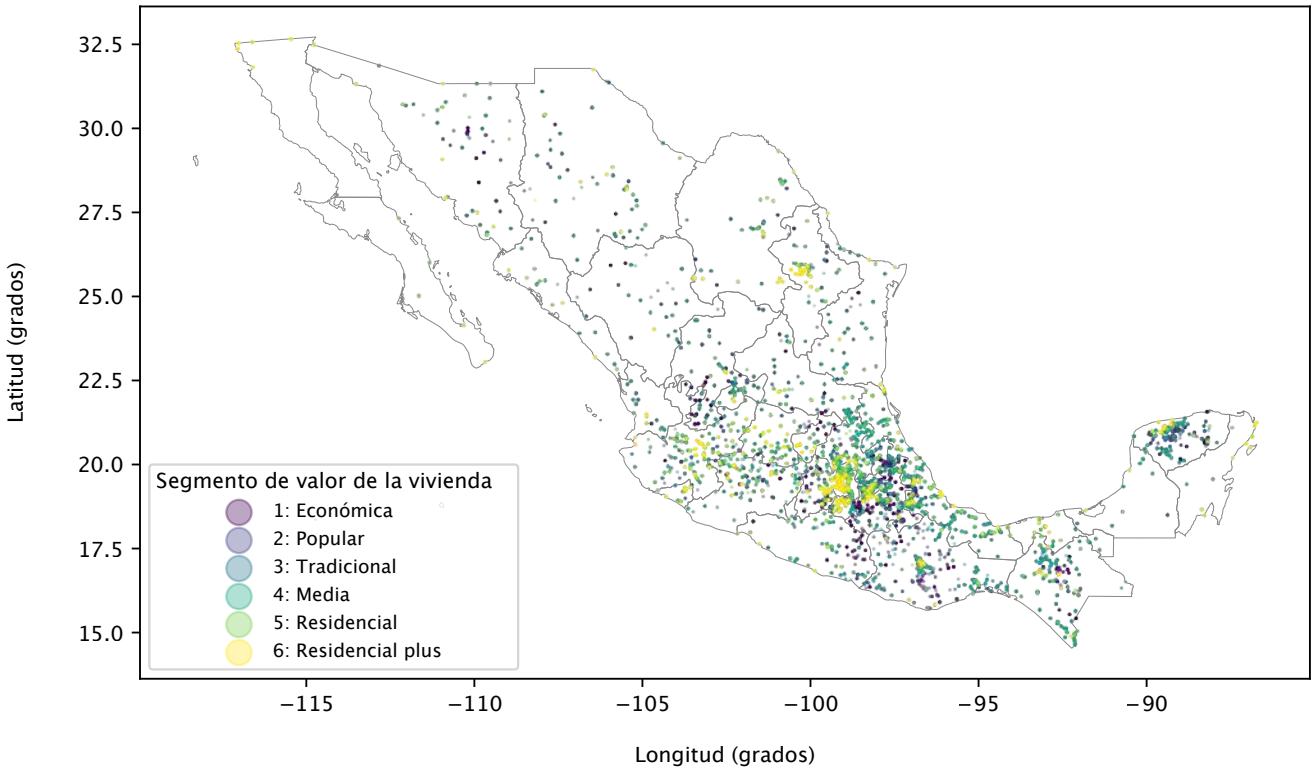


Figura 3. Distribución geográfica de los créditos hipotecarios por municipio (n = 829 542 registros), coloreados por segmento de valor de la vivienda, sobre el contorno del territorio nacional y de las entidades federativas.
Figure 3. Geographic distribution of mortgage loans by municipality (n = 829 542 records), colored by housing value segment, over the outline of the national territory and state boundaries.

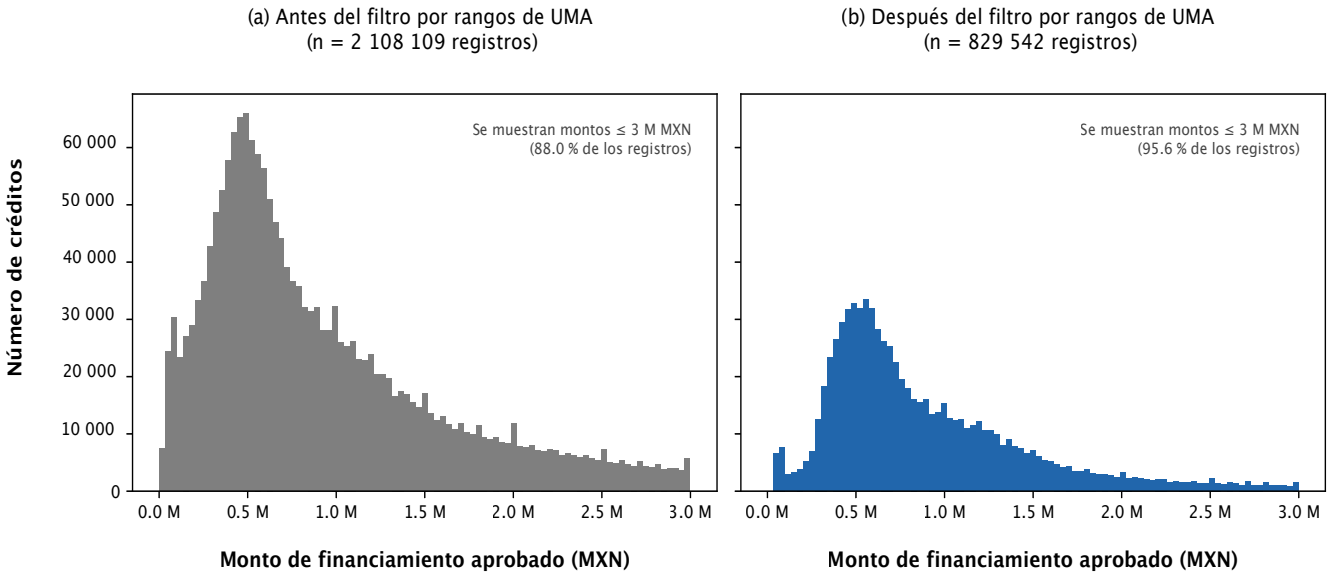
este modo, RF se considera el modelo más equilibrado de los tres evaluados, al combinar el mayor poder explicativo con la menor variabilidad entre iteraciones, lo cual refuerza la fiabilidad de sus estimaciones para su aplicación a la valoración de créditos hipotecarios.

El análisis de importancia de variables del modelo RF, calculado como la reducción media de impureza del nodo (*t*) (MSE) atribuible a cada predictor en el conjunto de los 200 árboles (Pedregosa y col., 2011), indicó que el valor de la vivienda concentra el 86.6 % de la importancia total, seguido del año (6.5 %) y del rango de ingresos del acreditado (4.2 %); la clave de municipio, la modalidad y la clave de entidad federativa aportaron menos del 1 % cada una (0.9 %, 0.9 % y 0.8 %, respectivamente). Este resultado es congruente con la matriz de correlación (Figura 2), en la que el

Tabla 3. Comparativa de métricas R^2 de entrenamiento y prueba, MAPE y RMSE.
Table 3. Comparison of R^2 (training and test), MAPE and RMSE metrics.

Modelo	R^2 entrenamiento	R^2 prueba	MAPE	RMSE
RF	0.982	0.970	11.48 %	187 250
DT	1.000	0.941	14.15 %	262 104
LR	0.703	0.704	74.95 %	587 520

 CienciaUAT. 20(2): 180-199 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2058



Ambos paneles comparten la misma escala en el eje Y

Figura 4. Distribución del monto de financiamiento aprobado (a) antes y (b) después del filtro por rangos normativos de UMA.
Figure 4. Distribution of the approved financing amount (a) before and (b) after the UMA normative-range filter.

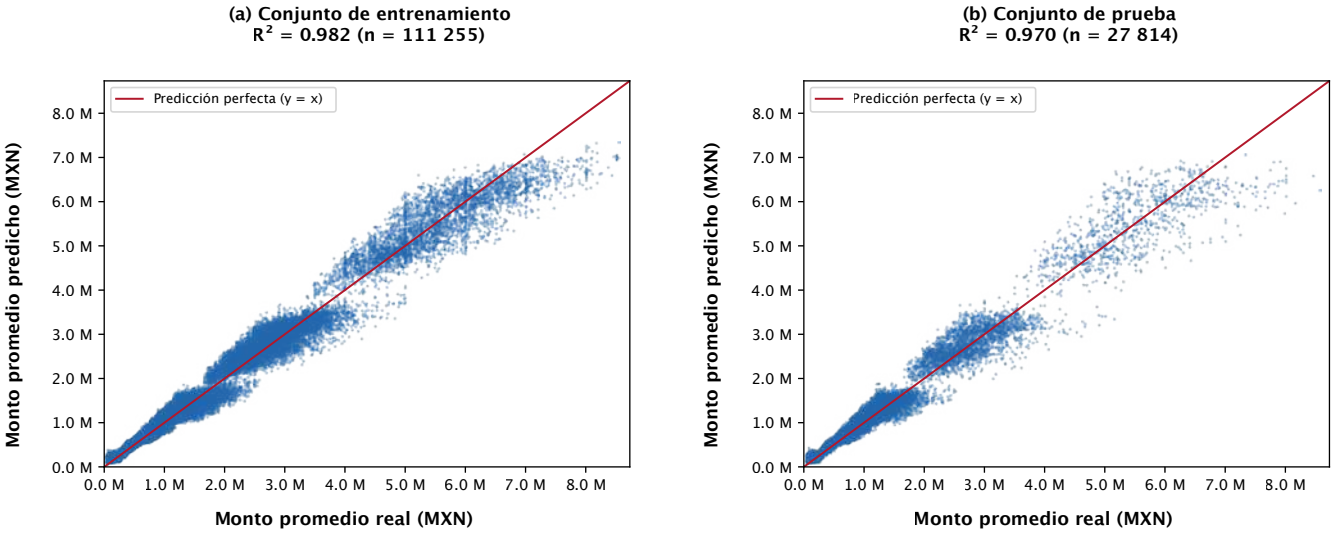


Figura 5. Valores reales frente a predichos del modelo Bosques Aleatorios (RF) en los conjuntos de (a) entrenamiento ($R^2 = 0.982$) y (b) prueba ($R^2 = 0.970$); la línea roja indica la predicción perfecta ($y = x$).
Figure 5. Actual versus predicted values of the Random Forest (RF) model for the (a) training set ($R^2 = 0.982$) and (b) test set ($R^2 = 0.970$); the red line indicates perfect prediction ($y = x$).

Tabla 4. Resultados de la validación cruzada k-fold (k = 5) del R^2 por modelo.
Table 4. K-fold (k = 5) cross-validation results of R^2 per model.

Modelo	R^2 promedio (CV k = 5)	σ	Rango de R^2 por pliegue
RF	0.970	0.000 3	0.970 a 0.971
DT	0.943	0.001 4	0.940 a 0.941
LR	0.703	0.001 1	0.702 a 0.705

σ : Desviación estándar

valor de la vivienda, el año y el rango de ingresos presentaron las asociaciones de mayor magnitud con el monto.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demostraron que el algoritmo RF fue consistentemente superior a los modelos de LR y DT para la estimación del monto de financiamiento de vivienda a partir de datos del SNIIV seleccionados.

Su nivel de capacidad explicativa fue alto, con un R^2 de 0.970 sobre el conjunto de prueba independiente, que indica que el modelo explica el 97.0 % de la variabilidad en los montos de financiamiento promedio; y considerando que la base de datos utilizada proviene de registros con codificación categórica ordinal, sin incluir variables físicas continuas propias del bien inmueble como superficie de construcción, número de habitaciones, antigüedad, entre otras, que representan los predictores más frecuentes en otros métodos de valuación como el enfoque comparativo de mercado, el enfoque de costos y el enfoque de ingresos o capitalización de rentas (INDAABIN, 2025; IVSC, 2022), así como los modelos hedónicos de precios (Kok y col., 2017; Valier, 2020).

El desempeño del modelo RF es coherente con lo reportado por Stang y col. (2023), quienes indicaron que los modelos de AA, especialmente los de ensamble como RF, gradient boosting y XGBoost, superan sistemáticamente a la regresión lineal empleada en AVM, sobre todo en situaciones en las que los predictores tienen relaciones no lineales, como las que se presentan entre la localización, la superficie construida, la antigüedad y la calidad constructiva del inmueble; y una gran cantidad de variables por cada registro. Sin embargo, cabe resaltar una importante diferencia metodológica en los estudios revisados por los autores mencionados, como los de Ho y col. (2021), Kumkar y col. (2018) y Singh y col. (2020), en los cuales disponen de variables físicas detalladas (superficie, número de habitaciones, calidad constructiva) que les permiten alcanzar MAPE menores al 15 %. Con el filtrado por rangos normativos de UMA, el MAPE obtenido (11.48 %) resulta comparable al de dichos estudios, aun cuando no se dispone de variables físicas del inmueble. Esto resalta la relevancia de enriquecer las bases de datos públicas disponibles en México con atributos físicos del inmueble.

El MAPE del 11.48 % necesita una interpretación contextualizada. Este nivel de error porcentual absoluto sería moderadamente elevado si se aplicara una valuación directa sobre registros individuales, pero es consistente con la naturaleza del conjunto de datos, ya que los montos del SNIIV tienen una alta variabilidad intrínseca entre los municipios y los segmentos de valor, y el modelo trabaja con promedios agregados por combinación de atributos. Investigaciones comparables realizadas en mercados con un nivel de detalle de datos similar reportaron valores de MAPE dentro de rangos entre el 20 % y 40 % (Matey y col., 2022), por lo tanto, el resultado del presente estudio se encuentra incluso por debajo de esos parámetros.

Asimismo, Hong y Kim (2022) demostraron que la combinación de múltiples AVM mejora la precisión sobre el uso de un modelo individual. Aunque en el presente estudio no se combinaron modelos distintos, sino que RF,

DT y LR se entrenaron y evaluaron de forma independiente, dicho hallazgo es coherente con la ventaja observada del RF, que constituye en sí mismo un ensamble de árboles de decisión, sobre los modelos individuales DT y LR. En el contexto de México implica considerar el marco regulatorio vigente. Como señala Salas-Tafoya (2018), la valuación de bienes inmuebles de propiedad nacional está regulada por el INDAABIN y la de bienes de propiedad particular por la SHF, a través de las "Reglas de carácter general que establecen la metodología para la valuación". En este sentido, es necesario analizar la viabilidad de incluir metodologías de AA dentro de los marcos normativos, no solo como apoyo, sino como herramientas complementarias válidas para el proceso de valuación. De este modo, se permitiría avanzar hacia un modelo híbrido, en el que los métodos normados tradicionales convivan con algoritmos de nueva generación.

Un aspecto adicional es la estabilidad del modelo, ya que la validación cruzada arrojó un R^2 medio de 0.970 +/- 0.000 3 para el modelo RF (Tabla 4), con una diferencia mínima respecto al R^2 del conjunto de prueba independiente (0.970: Tabla 3). Esta concordancia entre esquemas de evaluación, junto con la baja dispersión entre pliegues (0.970 a 0.971: Tabla 4), sugiere que el modelo generaliza adecuadamente a datos no vistos de la misma distribución y que su desempeño es estable ante distintas particiones de los datos.

En el modelo RF, el valor de la vivienda fue el predictor de mayor contribución explicativa (86.6 %), seguido del año (6.5 %) y del rango de ingresos del acreditado (4.2 %). Dicho comportamiento fue congruente con los valores obtenidos en las correlaciones de Spearman de estas variables con el monto (ρ = 0.94, 0.44 y 0.51, respectivamente). Este resultado concuerda con la teoría económica del mercado hipotecario: los montos de préstamo reflejan tanto la capacidad de pago del solicitante como el segmento de mercado al que pertenece la vivienda (Linneman y Wachter, 1989). La importancia del año manifiesta la actualización de los montos a lo largo del período, asociada a la inflación y a los cambios en la política crediticia de los organismos (Ling y col., 1998).

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. La variable objetivo (monto) es el monto de financiamiento aprobado por las instituciones del sistema SNIIV, no el valor catastral ni el precio de mercado del inmueble; aunque ambas medidas están correlacionadas, el monto de financiamiento incorpora efectos de la política crediticia de cada organismo y los techos de crédito institucionales, lo que introduce ruido en la estimación del valor puro del inmueble. El modelo no incorpora variables macroeconómicas (tasas de interés hipotecarias, índices de inflación, crecimiento del Producto Interno Bruto estatal) que pueden tener un impacto en el valor de la vivienda. La cobertura del SNIIV está limitada al financiamiento formal (INFONAVIT, FOVISSSTE, banca privada y otros organismos registrados), excluyendo el mercado informal de vivienda que representa una proporción significativa de las transacciones inmobiliarias en México (Tellman y col., 2021). El modelo estima el monto promedio por combinación de predictores y no el monto individual de un crédito; por tanto, no debe aplicarse directamente a registros individuales. Los numerosos registros de cada municipio y la posible relación entre el rango de ingresos del beneficiario y el valor de la vivienda no fueron analizados de manera formal en este estudio. La dimensión geográfica representada por las claves de entidad y municipio aporta información complementaria, identificando las diferencias territoriales en el valor del suelo y los costos de construcción entre las regiones de México sin embargo, en el modelo LR las claves de entidad y municipio se incorporan como valores numéricos, lo que carece de sentido territorial y contribuye a su menor desempeño; en los modelos de árboles este problema se mitiga porque las divisiones sucesivas tratan las claves como agrupaciones de territorios.

También debe considerarse que el doble filtro por rangos normativos de UMA excluyó el 60.6 % de los registros del periodo 2016 a 2025 (696 270 por el límite inferior y 582 297 por el superior) para asegurar la consistencia entre el monto y la clase de vivienda declarada; esta depuración acota la varianza de la variable objetivo y favorece la magnitud de la correlación entre el valor de la vivienda y el monto, por lo que las métricas reportadas corresponden al universo de créditos consistentes con la norma y podrían no generalizarse a los registros excluidos. Los hiperparámetros del modelo RF se fijaron de manera heurística y no mediante una búsqueda sistemática con validación cruzada, por lo que no se garantiza que la configuración empleada sea la óptima. La comparación de modelos se realizó mediante métricas de desempeño sobre un conjunto de prueba único y validación cruzada de cinco pliegues. No se realizaron pruebas de significancia estadística formal entre modelos (p. ej. prueba Friedman o intervalos de confianza bootstrap del RMSE), lo que constituye una limitación metodológica que trabajos futuros deberían abordar.

Por otra parte, los tres factores complementarios que hacen que el RF sea superior al DT y al LR en este conjunto de datos son los siguientes. En primer lugar, los predictores combinan variables genuinamente ordinales (rango de ingresos, segmento de valor de la vivienda) con claves nominales de alta cardinalidad codificadas numéricamente (entidad y municipio); en conjunto generan interacciones no lineales y agrupamientos territoriales que LR no puede capturar mediante una función lineal global, mientras que los modelos de árboles tratan estas claves como categorías de partición. Esta explicación es consistente con una de las limitaciones del estudio: el problema central no es la ordinalidad de las variables en sí, sino la codificación numérica de variables nominales de alta cardinalidad, cuyo efecto se mitiga en los modelos de árboles. En segundo lugar, la estrategia de ensamble de RF, que promedia las predicciones de múltiples árboles entrenados sobre diferentes submuestras, reduce la varianza de las estimaciones con respecto a un único DT, que tiende más al sobreajuste. En tercer lugar, la alta dimensionalidad implícita de las variables geográficas (32 entidades × más de 2 400 municipios) hace que los algoritmos que aprenden mediante divisiones progresivas de los datos, como RF, sean más adecuados que métodos globales como LR. Estos factores explican la brecha de R^2 entre RF y LR, así como el mejor desempeño en RMSE (Tabla 3).

CONCLUSIONES

En el conjunto de prueba independiente (20 %, fuera de muestra), el modelo RF obtuvo el mejor desempeño de los tres algoritmos evaluados. También demostró ser estable y robusto según la validación cruzada de cinco pliegues, con un margen de diferencia mínimo entre su desempeño en el entrenamiento (80 %) y el obtenido en el conjunto de prueba independiente, lo que descarta un sobreajuste significativo. Los resultados mostraron un ajuste y una precisión alta del modelo RF al estimar el monto de financiamiento promedio de vivienda, en términos de varianza explicada según R^2 y de error absoluto según RMSE y MAPE, a partir de las variables seleccionadas de la base de datos del SNIIV. Sin embargo, al considerar las variables que pueden ser incluidas en un avalúo, se hace evidente la importancia de incorporar más factores para que los modelos de AA capten mejor las características que influyen en el valor de una vivienda, generando estimaciones más precisas y, por lo tanto, más confiables. Los modelos de AA y, en particular, el modelo RF, pueden servir como herramientas de validación rápida para detectar montos atípicos y actuar como referencia de consulta durante el proceso de un avalúo formal. Por otro lado, al integrar la dimensión temporal (2016 a 2025) con la clasificación por UMA, el modelo captura la dinámica de precios ajustada por inflación, lo que constituye una alternativa de bajo costo computacional para el monitoreo continuo de las tendencias del mercado hipotecario formal. Cabe aclarar que, en ninguno de estos casos, el modelo sustituye la valua-

ción presencial ni el dictamen de un valuador certificado. Los modelos construidos son herramientas con potencial para complementar los métodos convencionales aplicados a la valuación inmobiliaria, al ser de acceso abierto, reproducibles y actualizables a partir de los datos anuales del SNIIV. En la medida en que las relaciones entre las variables del modelo se mantengan, condición que debería verificarse mediante un reentrenamiento periódico, el sistema tiene potencial para: a) proporcionar estimaciones de referencia del financiamiento hipotecario formal a nivel municipal; (b) apoyar el monitoreo de tendencias del mercado hipotecario formal; y (c) servir como insumo exploratorio en el análisis de políticas habitacionales. No obstante, su uso como instrumento definitivo de valuación requiere una validación adicional fuera de la muestra temporal.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Barrientos-Matute, J. P. y Ruvalcaba-Gómez, E. A. (2023). Metodología para explorar el valor público de datos abiertos ofertados en portales web de vivienda. *Economía, Sociedad y Territorio*, 23(72), 405-431. https://doi.org/10.22136/est20232002

Bergstra, J. & Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281-305.

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Wadsworth.

Carranza-Rodríguez, A. M., Carranza-Monzón, D. L. y León-Luyo, S. L. (2024). Aplicación de las escalas de medición ordinal para interpretar coeficientes de la correlación en investigación científica. *Revista Científica Searching De Ciencias Humanas y Sociales*, 5(1), 45-56. https://doi.org/10.46363/searching.v5i1.4

Deppner, J., von-Ahlefeldt-Dehn, B., Beracha, E., & Schaefers, W. (2023). Boosting the Accuracy of Commercial Real Estate Appraisals: An Interpretable Machine Learning Aproach. *Journal of Real Estate Finance and Economics,* 71, 1-38. https://doi.org/10.1007/s11146-023-09944-1

Espinoza-Garza, F., Martínez-Ramírez, Y., Ramírez-Noriega, A. y Álvarez-Sánchez, I. N. (2024). Una revisión sistemática de la literatura sobre la precisión de modelos de aprendizaje automático aplicados a la tasación de bienes raíces. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 12(28), 4-16. https://doi.org/10.36825/RITI.12.28.002

Glumac, B. & Des-Rosiers, F. (2021). Practice briefing – Automated valuation models (AVMs): their role, their advantages and their limitations. *Journal of Property Investment & Finance*, 39(5), 481-491.

Google (2025). *Google Colab*. [En línea]. Disponible en: https://colab.research.google.com/. Fecha de consulta: 8 de junio de 2025.

Gunes, T. (2023). Model agnostic interpretable machine learning for residential property valuation. *Survey Review*, 56(399), 525-540. https://doi.org/10.1080/00396265.2023.2293366

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction (Second edition). Springer.

Hernández-Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (Sexta edición). Mc Graw-Hill.

Ho, W. K. O., Tang, B. S., & Wong, S. W. (2021). Predicting property prices with machine learning algorithms. *Journal of Property Research*, 38(1), 48–70. https://doi.org/10.1080/09599916.2020.1832558

Hong, J. & Kim, W. S. (2022). Combination of machine learning-based automatic valuation models for residential properties in south korea. *International Journal of Strategic Property Management*, 26(5), 362-384. https://doiorg/10.3846/ijspm.2022.17909

Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90-95. https://doi.org/10.1109/MCS

E.2007.55

INDAABIN, Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (2025). Metodologías de los servicios valuatorios regulados por INDAABIN. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/indaabin/documentos/metodologias-de-caracter-tecnico-24208. Fecha de consulta: 17 de mayo de 2025.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2025a). Unidad de Medida y Actualización (UMA). [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/uma/. Fecha de consulta: 27 de febrero de 2025.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2025b). Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/. Fecha de consulta: 17 de enero de 2025.

IVSC, International Valuation Standards Council (2022). Normas Internacionales de Valuación. [En línea]. Disponible en: https://ivsc.org/. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2025.

Jafary, P., Shojaei, D., Rajabifard, A., & Ngo, T. (2024). Automated land valuation models: A comparative study of four machine learning and deep learning methods based on a comprehensive range of influential factors. *Cities*, 151, 105115. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105115

Jordan, M. I. & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260. https://doi.org/10.1126/science.aaa8415

Jung, J., Kim, J., & Jin, C. (2022). Does machine learning prediction dampen the information asymmetry for non-local investors? *International Journal of Strategic Property Management*, 26(5), 345-361. https://doi.org/10.3846/ijspm.2022.17590

Kok, N., Koponen, E. L., & Martínez-Barbosa, C. A. (2017). Big data in real estate? From manual appraisal to automated valuation. *Journal of Portfolio Management*, 43(6), 202-211. https://doi.org/10.3905/jpm.2017.43.6.202

Kumkar, P., Madan, I., Kale, A., Khanvilkar, O., & Khan, A. (2018). Comparison of Ensemble Methods for Real Estate Appraisal. [En línea]. Disponible en: 10.1109/ICICT43934.2018.9034449. Fecha de consulta: 19 de enero de 2025.

Ling, D. C. & McGill, G. A. (1998). Evidence on the demand for mortgage debt by owner-occupants. *Journal of Urban Economics*, 44(3), 391-414.

Linneman, P. & Wachter, S. (1989). The impacts of borrowing constraints on homeownership. *Real Estate Economics*, 17(4), 389-402. https://doi.org/10.1111/1540-6229.00499

Matey, V., Chauhan, N., Mahale, A., Bhistannavar, V., & Shitole, A. (2022). Real Estate Price Prediction using Supervised Learning. *2022 IEEE Pune Section International Conference, PuneCon 2022*. https://doi.org/10.1109/PuneCon55413.2022.10014818

Maulud, D. & Abdulazeez, A. M. (2020). A Review on Linear Regression Comprehensive in Machine Learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 1(2), 140-147. https://doi.org/10.38094/jastt1457

McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. In S. van-der-Walt & J. Millman (Eds.), *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (pp. 51-56). https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a

Mody, P., Motiramani, M., & Singh, A. (2023). Enhancing Real Estate Market Insights through Machine Learning: Predicting Property Prices with Advanced Data Analytics. 2023 4th IEEE Global Conference for Advancement in Technology, *GCAT 2023*. https://doi.org/10.1109/GCAT59970.2023.10353243

Nazarov, F. M. & Yarmatov, S. (2023). Optimization of Prediction Results Based on Ensemble Methods of Machine Learning. *Proceedings - 2023 International Russian Smart Industry Conference, SmartIndustryCon* 2023, 181-185. https://doi.org/10.1109/SmartIndustryCon57312.2023.10110726

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, É. (2011). *Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830.

Restrepo, L. F. & González, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.

Salas-Tafoya, J. M. (2018). Transdisciplinariedad valuatoria. Hacia una construcción sistémica para la valuación inmobiliaria/Valuable transdisciplinarity. Towards a systemic construction for real estate valuation. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 6(12), 348-369. https://doi.org/10.23913/ricea.v6i12.109

Singh, A., Sharma, A., & Dubey, G. (2020). System Assurance Engineering and Management. [En línea]. Disponible en: https://nam04.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1007%2Fs13198-020-00946-3&data=05%7C02%7Cciencia-uat%40uat.edu.mx%7C122c5e065f544d-8b4a2108df14df5799%7C725ab307b77c4f669168376b1c7f9990%7C0%7C0%7C639252621672908005%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJFbXB0eU1hcGkiOnRydWUsIlYiOiIwLjAuMDAwMCIsIlAiOiJXaW4zMiIsIkFOIjoiTWFpbCIsIldUIjoyfQ%3D%3D%7C0%7C%7C%7C&sdata=YozkQviF84tkQrSz%2FMzOaeKfzIZGZRkG9w8B6%2FVIFho%3D&reserved=0. Fecha de consulta: 19 de enero de 2025.

SNIIV, Sistema Nacional de Información e Indicadores de vivienda (2025). Datos abiertos de financiamiento en México. [En línea]. Disponible en: https://sniiv.sedatu.gob.mx/Reporte/Datos_abiertos. Fecha de consulta: 31 de agosto de 2026.

Stang, M., Krämer, B., Nagl, C., & Schäfers, W. (2023). From human business to machine learning—methods for automating real estate appraisals and their practical implications. *Zeitschrift Für Immobilienökonomie*, 9(2), 81-108. https://doi.org/10.1365/s41056-022-00063-1

Tellman, B., Eakin, H., Janssen, M. A., de-Alba, F., & Turner, B. L. (2021). The role of institutional entrepreneurs and informal land transactions in Mexico City's urban expansion. *World Development*, 140, 105374. https://doi.org/ 10.1016/j.worlddev.2020.105374

Valier, A. (2020). Who performs better? AVMs versus hedonic models. *Journal of Property Investment & Finance*, 38(3), 213-225.

Verma, P. K., Arya, S., & Asbe, C. (2023). Predicting future housing prices: a machine learning approach. *Multidisciplinary Science Journal*, 5, 2023ss0206. https://doi.org/10.31893/multiscience.2023ss0206

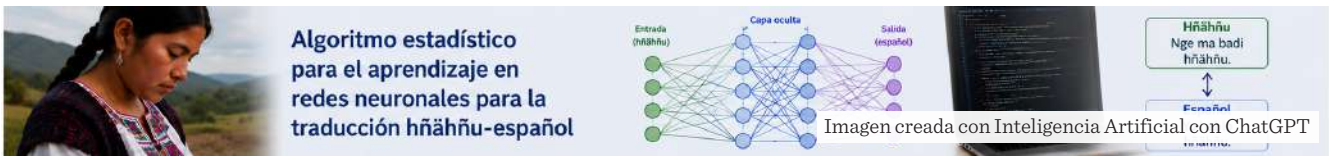


Imagen creada con Inteligencia Artificial con ChatGPT

Algoritmo estadístico para el aprendizaje en redes neuronales para la traducción hñähñu-español
Statistical algorithm for learning in neural networks for the hñähñu-spanish translation

José Manuel Cruz-Olguín, Salvador Santos-Romero, Virgilio López-Morales, Manuel Alejandro Ojeda-Misses*

RESUMEN
La traducción automática de lenguas indígenas de bajo recurso enfrenta importantes desafíos derivados de la escasez de corpus digitales, la variación dialectal y la complejidad lingüística. El objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar un traductor automático hñähñu–español basado en una red neuronal perceptrón multicapa entrenada mediante un algoritmo estadístico–probabilístico (EyP), fundamentado en el Teorema del Límite Central. Se generó una metodología que permitiera realizar el ajuste de pesos y sesgos a partir de probabilidades de error estimadas estadísticamente, sin emplear derivadas explícitas, diferenciándolo de los algoritmos clásicos de entrenamiento neuronal como Backpropagation y Levenberg–Marquardt. Se utilizó una estrategia de vectorización a nivel de caracter para representar palabras del hñähñu como vectores numéricos de longitud fija, lo que permitió capturar regularidades fonético–estructurales entre ambas lenguas. El desempeño del traductor se evaluó utilizando un corpus léxico de 145 palabras, métricas estadísticas objetivas a través del error cuadrático medio (ECM), validación cruzada k-fold y comparaciones directas con algoritmos de entrenamiento tradicionales. Los resultados mostraron que el algoritmo EyP alcanzó menores ECM y una convergencia más estable, especialmente en escenarios de datos limitados, aunque con un mayor número de épocas. En conjunto, los hallazgos confirman que el enfoque EyP propuesto constituye una alternativa robusta y viable para la traducción automática hñähñu–español, contribuyendo a la preservación de lenguas indígenas.

PALABRAS CLAVE: traducción automática, lengua indígena, hñähñu, español, redes neuronales.

ABSTRACT
Machine translation of low-resource indigenous languages faces significant challenges stemming from the scarcity of digital corpora, dialectal variation, and linguistic complexity. The aim of this work was to develop and evaluate a Hñähñu–Spanish machine translator based on a multilayer perceptron neural network trained using a statistical-probabilistic (S&P) algorithm grounded in the Central Limit Theorem. A methodology was generated that would allow the adjustment of the weights and biases based on statistically estimated error probabilities, without employing explicit derivatives, differentiating it from classical neural training algorithms such as Backpropagation and Levenberg–Marquardt. A character-level vectorization strategy was used to represent Hñähñu words as fixed-length numerical vectors, allowing for the capture of phonetic-structural regularities between the two languages. The translator's performance was evaluated using a 145-word lexical corpus, objective statistical metrics through the Mean Square Errors (MSE), k-fold cross-validation, and direct comparisons with traditional training algorithms. The results show that the S&P algorithm achieves lower MSE and more stable convergence, especially in data-constrained scenarios, albeit with a greater number of epochs. Overall, the findings confirm that the proposed statistical-probabilistic approach constitutes a robust and viable alternative for Hñähñu–Spanish machine translation, contributing to the preservation of indigenous language.

KEYWORDS: machine translation, indigenous language, Hñähñu, Spanish, neural networks.

***Correspondencia:** manuel_ojeda@uaeh.edu.mx**/Fecha de recepción:** 11 de julio de 2025**/Fecha de aceptación:** 21 de mayo de 2026**/Fecha de publicación:** 6 de julio de 2026.

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Computación y Electrónica, Ciudad del Conocimiento, carretera Pachuca – Tulancingo km. 4.5, S/N, col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo México, C. P. 42184.

 ISSN 2007-7858. 20(2): 200-221 (Ene-Jun 2026) CC BY NC SA https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2042

INTRODUCCIÓN

La traducción automática consiste en transformar un texto desde una lengua de origen hacia otra de destino, generando como resultado un texto traducido. Este proceso se ha convertido en un recurso de gran utilidad para apoyar la labor de traductores humanos, impulsar investigaciones lingüísticas, facilitar la creación de diccionarios de manera automática, desarrollar analizadores de lenguas, mejorar sistemas de recuperación de información y fortalecer herramientas de traducción multilingüe (Santiago y col., 2024; González-Servín y col., 2025).

En México, algunos estados presentan un alto porcentaje de población hablante de lenguas indígenas como Oaxaca (27.3 %), Yucatán (26.1 %), Chiapas (23.4 %), Quintana Roo (14.1 %) y Guerrero (13.9 %). Cifras que evidencian la riqueza cultural y lingüística del país, ya que estas lenguas no son solo medios de comunicación, sino también expresiones de identidad y tradición.

El 86 % de los hablantes indígenas vive en su estado natal, el 13.7 % ha migrado dentro del país y solo el 0.3 % nació en el extranjero, reflejando un fuerte arraigo territorial. En cuanto a la migración reciente, el 96.4 % de los hombres y el 97.6 % de las mujeres hablantes no migraron en los últimos 5 años, lo que refuerza la conexión entre lengua, territorio e identidad (INEGI, 2024). Este contexto tiene implicaciones significativas para políticas lingüísticas, educativas y culturales. El reconocimiento legal de las lenguas indígenas como lenguas nacionales ha fomentado su inclusión en medios, educación y espacios públicos, fortaleciendo así la diversidad cultural, de acuerdo con el Instituto Nacional de lenguas indígenas (INALI, 2015). Las lenguas más habladas en México, son el náhuatl (23.6 %), maya (12.4 %), tzeltal (7.9 %) y zapoteco (7.2 %) (INEGI, 2024).

Aunque menos mencionada, la lengua otomí o hñähñu, como la denominan sus hablantes, es parte de la familia otomangue, subgrupo otopame. Según Lastra (2010), se concentra en los estados de Querétaro, Estado de México e Hidalgo. El INEGI (2015) reportó 307 928 hablantes, e Hidalgo concentró al 39.4 % (121 442 personas), particularmente en el Valle del Mezquital.

La elaboración de corpus (textos o documentos) paralelos, la tokenización (división de un texto en unidades menores) automática y el diseño de una metodología para la traducción hñähñu-español son estrategias que permiten contribuir a la preservación de las lenguas nativas como el otomí (De-la-Vega, 2017; Escorza-Sánchez y col., 2018). Uno de los retos centrales radica en obtener traducciones confiables del hñähñu al español, particularmente debido a la escasa disponibilidad de corpus. La mayoría de los textos se encuentran en formato físico o no están accesibles digitalmente (Hernández-Cruz y col., 2010; Hernández-Pérez y col., 2020). Asimismo, la estructura gramatical del hñähñu representa un desafío, pues la creación manual de reglas y su implementación pueden resultar complejas y demandar gran esfuerzo. A esto se suman problemas como la falta de estandarización ortográfica, la presencia de múltiples variantes dialectales y la carencia de herramientas lingüísticas esenciales como lematizadores (programas que intentan encontrar la raíz de las palabras), etiquetadores gramaticales y tokenizadores especializados (Hinton y Hale, 2001; HaCohen y col., 2020).

Se han desarrollado diversos esfuerzos para preservar esta lengua. Aguilar-Santiago y García-Zúñiga (2023) documentaron iniciativas desde el año 2000 orientadas a fortalecer las lenguas originarias realizadas por autores como Hinton y Hale (2001) y Dyson y col. (2007; 2016). Entre estas acciones destacan corpus digitales, diccionarios y materiales educativos. Gallardo-Arias (2012) presentó un libro con vocabulario básico otomí, desarrollado con apoyo de estudiantes en actividades de vinculación comunitaria, abarcando frutas, animales, números, colores y partes del cuerpo. Hernández-Cruz y col. (2010) y Vargas-García (2017) documentaron un diccionario hñähñu en el Valle del Mezquital, con recursos escritos y

orales. De-la-Vega (2017) publicó un libro que promueve la cultura e identidad otomí a través de temas cotidianos. Hernández-Pérez y col. (2020), ante la escasez de materiales pedagógicos en lenguas originarias para nivel básico, diseñaron un libro electrónico enfocado al rescate del hñähñu, respondiendo a las necesidades de niños indígenas y enfrentando el desplazamiento lingüístico. Finalmente, Escorza-Sánchez y col. (2018) desarrollaron una aplicación móvil para promover el aprendizaje del hñähñu en escuelas bilingües de Ixmiquilpan.

Por otra parte, la traducción automática ha evolucionado desde enfoques basados en reglas lingüísticas y modelos estadísticos hacia arquitecturas sustentadas en redes neuronales profundas. Las redes neuronales, junto con sus extensiones, unidad de memoria a largo y corto plazo (LSTM, por sus siglas en inglés: Long Short-Term Memory) y la unidad recurrente cerrada con compuertas (GRU, por sus siglas en inglés: Gated Recurrent Unit) (Remus y O'Connor, 2001; Ojeda y col., 2019; Mohebali y col., 2020; Khoussi y col., 2021; Linka y col., 2022; Chongchong-Li y col., 2024), permitieron avances significativos en la traducción secuencia a secuencia. Posteriormente, dichas arquitecturas fueron superadas por los modelos basados en mecanismos de atención, particularmente los transformadores (*transformers*), arquitecturas especializadas introducidas formalmente en el trabajo "Attention is all you need" (Vaswani y col., 2017). Estos modelos han demostrado un desempeño sobresaliente en traducción automática y otras tareas de procesamiento del lenguaje natural, dando lugar a modelos preentrenados como Representaciones de Codificador Bidireccional a partir de Transformadores (BERT, por sus siglas en inglés: Bidirectional Encoder Representations from Transformers), el Transformador Generativo Preentrenado (GPT, por sus siglas en inglés: Generative Pretrained Transformer) y el modelo preentrenado mediante un Transformador Autoregresivo Bidireccional (BART, por sus siglas en inglés: Bidirectional and Auto-Regressive Transformers), Red de Longitud Extrema (XLNet, por sus siglas en inglés: eXtra Length Network), y el convertidor de palabra en vector (Word2vec, por sus siglas en inglés: Word to Vector) (Kurniawan y Maharani, 2020; Nurdin y col., 2020; Çelik y Koç, 2021; Singh y col., 2022; Ramos-Aguilar y col., 2025).

A pesar del predominio de los transformadores, las redes neuronales tradicionales continúan siendo relevantes en escenarios con recursos computacionales limitados o conjuntos de datos reducidos, como es el caso de muchas lenguas indígenas. Su menor complejidad y su capacidad para modelar dependencias secuenciales, las convierten en alternativas viables cuando el entrenamiento de modelos de gran escala resulta inviable (Sennrich y Zhang, 2019).

En México, se han desarrollado propuestas recientes que emplean inteligencia artificial (IA) para la traducción y preservación de lenguas indígenas (Santiago-Benito y col., 2024; González-Servín y col., 2025), incluyendo la transferencia de patrones a modelos preentrenados y el uso de herramientas avanzadas para el análisis de audio. Estos trabajos destacan la efectividad de los enfoques neuronales actuales, pero también subrayan la necesidad de metodologías adaptadas a contextos de datos limitados e integradas con el conocimiento lingüístico de las comunidades hablantes.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar la capacidad de precisión y estabilidad de un modelo de traductor automático de hñähñu-español, basado en una red neuronal, usando un entrenamiento fundamentado en el análisis de datos estadísticos, así como comparar su desempeño de manera cuantitativa con algoritmos de entrenamiento Backpropagation y Levenberg-Marquardt, mediante el uso del error cuadrático medio; y contrastar de forma cualitativa con los sistemas de IA generalistas como ChatGPT y Grok.

MATERIALES Y MÉTODOS

Arquitectura de la red neuronal

Se utilizó una red perceptrón multicapa entre-

nada, usando un análisis de datos estadísticos. Matemáticamente, se tiene para cada neurona j en la capa l una entrada:

$$h_j^{(l)}(k) = \sum_i W_{ji}^{(l)}(k) y_i^{(l-1)}(k) + b_j^{(l)}(k) \qquad (1)$$

Donde:
$W_{ji}^{(l)}$= el peso que conecta la neurona i de la capa (l-1) con la neurona j de la capa l.
$l.b_j^{(l)}(k)$ = el sesgo de la neurona j en la capa l.
$y_i^{(l-1)}(k)$ = la activación de la neurona i de la capa anterior.

Para la activación de la neurona en la capa anterior se utiliza la siguiente ecuación:

$$\hat{y}_j^l(k) = \Psi\left[h_j^l(k)\right] \qquad (2)$$

Donde:
$\Psi[\cdot]$ = una función de activación; entre las más comunes están las de saturación, sigmoide y tangente hiperbólica, que poseen dimensiones compatibles. En este caso, se emplea la función tangente hiperbólica como activación (Baruch y col., 2017; Ojeda y col., 2019), para la arquitectura mostrada en la Figura 1.

Algoritmo de aprendizaje

El algoritmo de aprendizaje se propuso como un algoritmo estadístico-probabilístico (EyP), que se empleó en la red, considerando que el error, definido como la diferencia entre la entrada y salida, puede ser predicho por la red neuronal, esto es:

$$e_j^{(l)}(k) = y_j(k) - \hat{y}_j^{(L)}(k) \qquad (3)$$

Donde:
$e_j^{(l)}(k)$ = error.
$y_j(k)$ = entrada.
$\hat{y}_j^{(L)}(k)$ = salida.

El modelo de aprendizaje se muestra en la Figura 2, donde se incluye el algoritmo EyP propuesto, basado en el análisis de datos muestrales obtenidos mediante muestreo aleatorio (Ojeda-Misses y col., 2024), con el fin de asegurar resultados válidos, estables y generalizables. Se fundamenta en el Teorema del Límite Central (TLC), que establece que, con muestras suficientemente grandes, la distribución de la media muestral se aproxima a una normal, sin importar la distribución original (Oakland y Oakland, 2024). Esto permitió estimar probabilidades de error sobre la media usando la

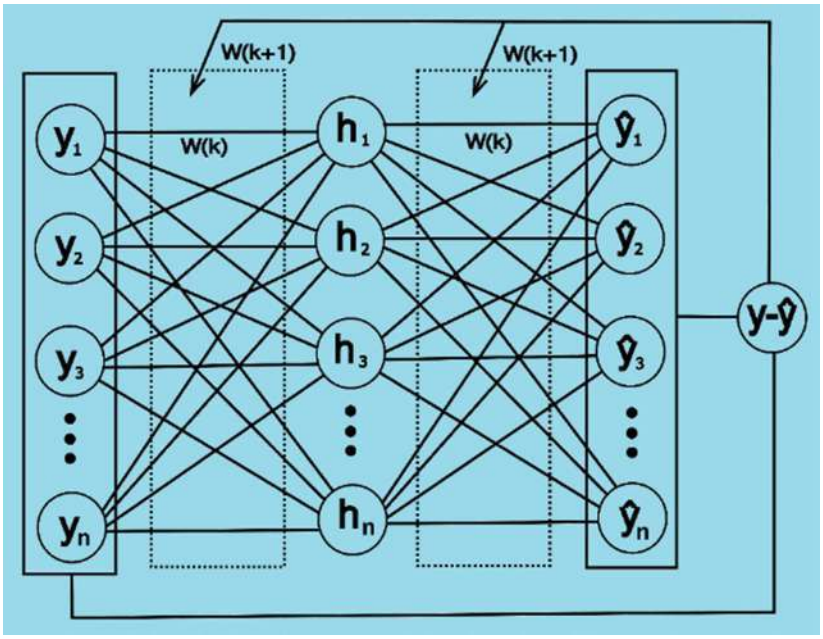


Figura 1. Arquitectura de un modelo de una red neuronal multicapa mediante corrección de error.
Figure 1. Model architecture of a multilayer neural network using error correction.

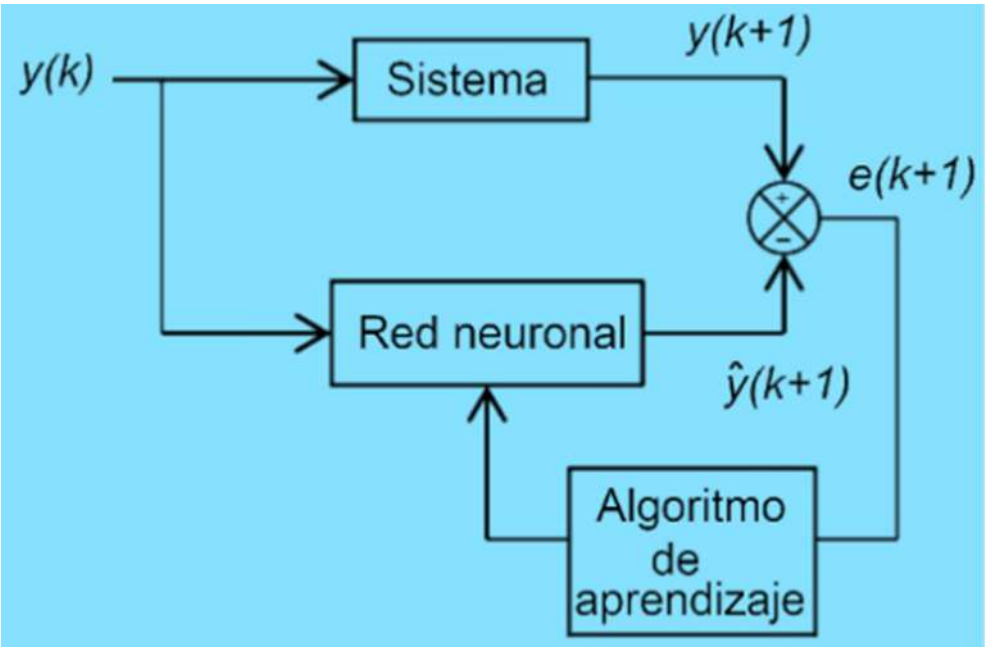


Figura 2. Modelo de aprendizaje usando el algoritmo propuesto.
Figure 2. Learning model using the proposed algorithm.

distribución normal, útil para intervalos de confianza y pruebas de hipótesis. El algoritmo propuesto aplicó dichos conceptos tomando muestras de la salida de la red neuronal y calculando su media y desviación estándar.

$$\bar{y}_j(k) = \frac{\hat{y}_1^{(L)}(k) + \hat{y}_2^{(L)}(k) + \cdots + \hat{y}_n^{(L)}(k)}{n} \quad (4)$$

Para las primeras n muestras, aplicando la ley de los grandes números, se consideró que los promedios muestrales convergen y, por lo tanto, convergen en probabilidad al valor esperado $\bar{y}_j^{(L)}(k)$ cuando $n \to \infty$. Debe tenerse en cuenta que, mientras mayor sea el número de muestras, más refinados y detallados serán los resultados estadísticos. Posteriormente, se obtuvo la desviación estándar utilizando los datos de la ecuación (4):

$$\sigma_j(k) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(\hat{y}_j(k) - \bar{y}_j(k)\right)^2}{n}} \quad (5)$$

A continuación, se utilizó el TLC, el cual ayudó a determinar la forma de la distribución muestral de los datos obtenidos:

$$z_j(k) = \frac{y_j(k) - \bar{y}_j(k)}{\sigma_j(k) + \varepsilon} = \frac{e_j^{(L)}}{\sigma_j(k) + \varepsilon} \quad (6)$$

Donde:
$y_j(k)$ = la salida del sistema.
$\bar{y}_j(k)$ = la media estimada de los datos $\hat{y}_n^L(k)$ estimados en la salida de la red neuronal.
$e_j^{(L)}$ = el error dado por la diferencia $y_j(k) - \bar{y}_j(k)$.
$\sigma_j(k)$ = la desviación estándar.
ε = es una constante que permite que no haya divisibilidad entre cero cuando la desviación estándar decrezca y tienda a cero.

En el contexto del TLC, $z_j(k)$ es un valor estandarizado que indica a cuántas desviaciones estándar se encuentra una media muestral con respecto a la media poblacional (Ojeda-Misses y col., 2025). Esto permite utilizar la distribución normal estándar para calcular probabilidades de error, incluso cuando los datos provienen de una distribución no normal (Anderson y col., 2008; Ojeda-Misses y col., 2024).

El TLC permite estandarizar la media muestral, calcular $z_j(k)$ respecto a la media poblacional en errores estándar y estimar probabilidades de

error. Es fundamental para construir intervalos de confianza y realizar pruebas de hipótesis. Una vez estimada $z_j(k)$, la probabilidad es:

$$P_j^{(L)}(k) = \Phi(z_j(k)) \tag{7}$$

Donde:
$\Phi(k)$ = la función de distribución acumulada (FDA) de la distribución normal estándar.

En términos de cálculo, la probabilidad acumulada se expresa como:

$$\Phi(z_j(k)) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-t^2}{2}} dt \tag{8}$$

Donde:
$\Phi(k)$ = es la función de distribución acumulada en términos de $z_j(k)$.
t = es la variable de integración.
$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-t}{2}} dt$ = es la función de densidad de probabilidad.

La función probabilística expresa la probabilidad de que una variable adopte un valor particular, mientras que la función de distribución muestra la probabilidad acumulada hasta un cierto valor.

Ajuste de parámetros de la red neuronal
El ajuste de los parámetros de la red neuronal, específicamente los pesos sinápticos y los sesgos, se llevó a cabo mediante un proceso iterativo de aprendizaje en el que se emplearon funciones de activación no lineales, como la sigmoide y la tangente hiperbólica. Estas funciones permitieron introducir no linealidad en el modelo y regular la propagación de la señal a través de las capas, facilitando la minimización del error entre la salida estimada y la salida deseada, y contribuyendo así a la convergencia estable del algoritmo de entrenamiento.

Pesos sinápticos
Permiten determinar la importancia relativa de las conexiones neuronales, al reflejar el grado de influencia que una palabra o característica específica del idioma de origen ejerce sobre la selección de una palabra en el idioma de destino. De este modo, el análisis de los pesos proporciona información relevante sobre el proceso de aprendizaje y la contribución de cada entrada al resultado final.

$$\Delta W_j i^{(l)} = f\left(P_j^{(L)}(k)\right) = \frac{e^{P_j^{(L)}(k)} - e^{-P_j^{(L)}(k)}}{e^{P_j^{(L)}(k)} + e^{-P_j^{(L)}(k)}} \tag{9}$$

Donde:
$\Delta W_j i^{(l)}$= representa el ajuste del peso sináptico de la capa l, definida por una función tangente hiperbólica en términos de la probabilidad de error $P_j^{(L)}(k)$.

Se puede observar que $\Delta W_j i^{(l)}$ está en función de la probabilidad $P_j^{(L)}(k)$. Finalmente, los pesos sinápticos son actualizados de forma probabilística como:

$$W_{ji-n^{(l)}} \leftarrow W_j i^{(l)} \eta_1 \Delta W_j i^{(l)} \tag{10}$$

Donde:
$W_{ji_{-n}^{(l)}}$ = representa el peso sináptico actualizado de la última capa l.
$W_j i^{(l)}$ = es determinado como el peso sináptico anterior.
$\Delta W_j i^{(l)}$ = representa el ajuste del peso sináptico de la capa l.
n_1= es definida como la tasa de aprendizaje para el peso sináptico.

Los sesgos (biases)
Permiten ajustar el nivel de activación de las neuronas, actuando como términos independientes que desplazan la función de activación. Estos valores adicionales posibilitan que una neurona se active o inhiba independientemente de las entradas, lo que incrementa la flexibilidad del modelo y mejora su capacidad de representación.

$$\Delta b_j^{(l)} = f\left(P_j^{(L)}(k)\right) = \frac{L}{1 + e^{-\alpha P_j^{(L)}(k)}} \tag{11}$$

Donde:
$\Delta b_j^{(l)}$ = representa el ajuste del sesgo de la capa l, definida por una función sigmoide en términos de la probabilidad de error $P_j^{(L)}(k)$.

Se puede observar que, para el sesgo, se define como una función en términos de la probabilidad $P_j^{(L)}(k)$. Finalmente, los sesgos son actualizados de forma probabilística como:

$$b_{j_n}^{(l)} \leftarrow b_j^{(l)} + \eta_2 \Delta b_j^{(l)} \quad (12)$$

Donde:
$b_{j_n}^{(l)}$= representa el sesgo actualizado de la última capa l.
$b_j^{(l)}$ = es determinado como el sesgo anterior.
$\Delta b_j^{(l)}$= representa el ajuste del sesgo de la capa l.
n_2= es definida como la tasa de aprendizaje para el ajuste del sesgo.

Considerando como referencia que el algoritmo de BP usa la función de error $e_j^{(l)}(k)$, que actúa como un mecanismo de ajuste, cuyo fin es aplicar los ajustes correspondientes al vector de pesos sinápticos $W_j i^{(l)}(k)$ en las neuronas de cada capa. En este caso, no se emplea directamente el error numérico, sino la probabilidad de error $P_j^{(L)}(k)$, que permite medir qué tan probable es que la neurona j de la capa de salida haya contribuido en el error y así ajustar los pesos y sesgos. Además, se considera el índice de desempeño, definido como:

$$J(k) = \frac{1}{2} \sum^{j=1} e_j^{(l)} \quad (13)$$

Donde:
L = el número de neuronas en la capa de salida.
$e_j^{(l)}$ = definido como el error.

Vectorización de palabras

Se utilizó el contexto del procesamiento de lenguaje natural, para transformar palabras o secuencias de texto en vectores numéricos que preserven (Allgaier y col., 2024; De-la-Torre, 2025), en lo posible, características útiles del lenguaje original. Dado que las redes neuronales solo pueden operar sobre datos numéricos, el alfabeto para el hñähñu se definió como el siguiente conjunto ordenado:

alfabeto = {a, á,ä, ,b, c, d, e, é, f, g, h, i, í, j, k, l, m, n, ñ, o, ó, p, q, r, s, t, u, ú, v, w, x, y, z,!,(espacio)}.

Este conjunto de caracteres usado en la lengua hñähñu es denotado por A:

$$A = \{a_1, a_2, \ldots, a_n\} \quad (14)$$

Donde:
$a_1, a_2, \ldots, a_n$ representan los caracteres ordenados según su posición.

En este caso, el conjunto incluye no solo los caracteres estándar del alfabeto español, sino también las vocales acentuadas y la letra ñ. La posición de cada caracter en el conjunto se puede usar para asignarle un valor numérico real. Entonces, un carácter $c \epsilon A$ se define como:

$$f(c) = index(c) + 1/N \quad (15)$$

Donde:
index(c) = la posición del caracter.
N = el número total de caracteres en el alfabeto.

Es importante mencionar que, si el caracter no pertenece al alfabeto, se le asigna el valor de 0.

Dado que cada caracter tiene un valor numérico, una palabra se transforma en un vector de longitud fija. Se considera que una palabra está formada por una secuencia de caracteres.

El vector de la palabra se define como:

$$\vec{X} = (f(c_1), f(c_2), \ldots, f(c_m)), \quad (16)$$

Si $m < index$ del vector (posición numérica), se rellena con ceros hasta alcanzar la longitud deseada. Si $m > index$, se trunca a los primeros 20 elementos. Esta normalización asegura que todos los vectores tengan la misma dimensión, lo cual es un requisito para procesarlos con la red neuronal. En este caso, la longitud de las palabras es a lo más de 20 letras, por lo tanto, el vector se define como:

$$\vec{X} = (f(c_1), f(c_2), f(c_3), 0, 0, \ldots, 0) \in R^{20} \quad (17)$$

CienciaUAT. 20(2): 200-221 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2042

Finalmente, el corpus vectorizado se construye aplicando este proceso a cada palabra de la lista de palabras en hñähñu. Por ejemplo, dada una lista de tres palabras en hñähñu, cada palabra se transforma en un vector de longitud fija y el conjunto completo de vectores se presenta como una matriz definida como:

$$D = \begin{bmatrix} \overrightarrow{X_1} \\ \overrightarrow{X_2} \\ \overrightarrow{X_3} \end{bmatrix} \in R^{3\times 20} \tag{18}$$

La matriz D es el corpus de palabras de entrada, definido como un conjunto numérico que representa palabras en una forma interpretable por la red neuronal. Formalmente, $D \in R^{k\times m}$ actúa como el tensor de entrada, donde cada fila corresponde a una palabra vectorizada de longitud o dimensión fija (M) y todas ellas conforman el número total de palabras (o vocabulario total) en el corpus como:

$$D = \begin{bmatrix} \vec{X}_1 \\ \vec{X}_2 \\ \vec{X}_3 \\ \vdots \\ \vec{X}_n \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{K\times M} \tag{19}$$

En consecuencia, trabajar con palabras vectorizadas hace el aprendizaje más sencillo, eficiente y escalable, permitiendo que la red neuronal aprenda directamente de los datos sin depender de reglas lingüísticas rígidas. Esto resulta especialmente relevante en aplicaciones educativas, traducción automática y procesamiento de lenguas indígenas, donde la flexibilidad y capacidad de generalización del modelo son esenciales.

El algoritmo presentado fue puesto a prueba de manera automática al menos 50 veces usando un corpus de 145 palabras únicas, representativas del vocabulario cotidiano del hñähñu, y suficientes para evaluar la red sin necesidad de grandes volúmenes de datos. Cabe mencionar que, el algoritmo estadístico funciona con corpus pequeños porque aprovecha conceptos como el muestreo y el TLC, modelando la distribución de errores y patrones de las palabras. Permitiendo estimar parámetros fiables y garantizando convergencia aún con pocas palabras, maximizando la eficiencia del aprendizaje.

Cada caracter $c_i \in A$ y se convirtió en un número normalizado, por lo que, para la palabra *thani* se tiene: $t = 29$, $h = 10$, $a = 1$, $n = 15$, $i = 11$, *así:*

$$f(c_1) = \frac{29+1}{35} = 0.8571, f(c_2) = \frac{10+1}{35} = 0.3143$$

$$f(c_3) = \frac{1+1}{35} = 0.0571, f(c_4) = \frac{15+1}{35} = 0.4571$$

$$f(c_5) = \frac{11+1}{35} = 0.3429$$

De esta forma, la palabra "thani", con 5 letras, se representó como un vector de dimensión $M = 20$ como:

$\vec{X}_{thani}$ = (0.857 1, 0.314 3, 0.057 1, 0.457 1, 0.342 9, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)

Evaluación del traductor mediante las métricas

El traductor automático español–hñähñu (Figura 3) se integró usando una red neuronal con arquitectura de tres capas (una de entrada, una oculta y una de salida) con 5 neuronas, respectivamente. Las pruebas de entrenamiento se realizaron utilizando 145 vocablos (como se mencionó previamente) que abarcaban pronombres, afirmaciones y negaciones, partes del cuerpo, órganos internos, números, prendas de vestir, animales, integrantes de la familia, frutas y verduras, colores y días de la semana, entre otras. Se desarrollaron pruebas de desempeño usando como función de activación la tangente hiperbólica y se evaluaron las métricas estadísticas objetivas del ECM, el ajuste de los pesos sinápticos y los sesgos.

Determinación del ECM

Se empleó como métrica principal para evaluar la precisión del entrenamiento, calculándose como el promedio de los cuadrados de la diferencia entre la palabra (o vector) predicha por el modelo y la traducción real esperada. En el análisis del ECM cada palabra de

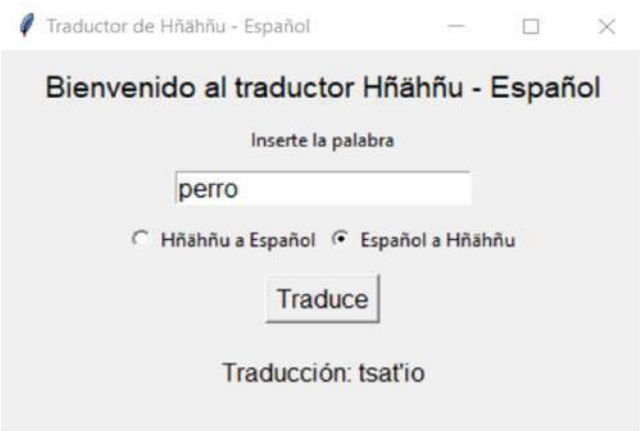


Figura 3. Ventana del traductor con palabra traducida de hñähñu a español (tsat'io-perro).
Figure 3. Translator window with word translated from Hñähñu to Spanish (tsat'io-dog).

entrada en hñähñu es representada en un espacio vectorial previamente definido, como se muestran en las Figuras 4a y 4b, y la red neuronal aprende a asociar dicho vector con su correspondiente representación en hñähñu. La validación se realiza comparando el vector de salida generado por la red con el vector objetivo de la palabra esperada, permitiendo evaluar de forma cuantitativa la precisión del proceso de traducción. El ECM se utilizó como métrica principal para medir la discrepancia entre la salida estimada y la salida deseada en el espacio vectorial, proporcionando un indicador numérico del desempeño del aprendizaje. Un valor menor de ECM indica una mayor eficiencia del modelo para aproximar correctamente el lenguaje de destino y reproducir las características del vocabulario aprendido. Se calculó en cada época con la siguiente fórmula:

$$ECM = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 \qquad (20)$$

Donde:
y_i = es el valor esperado (vector de referencia de la palabra).
$\hat{y}_i$ = es el valor generado por la red neuronal.
n = es el número de elementos del vector.

Comparación entre modelos

Para la comparación del algoritmo EyP propuesto, se realizó el entrenamiento de la red neuronal utilizando el mismo conjunto de datos con los algoritmos BP y Levenberg-Marquardt (LM). El desempeño de cada método se evaluó mediante el ECM, permitiendo una comparación objetiva y directa de la eficiencia de aprendizaje entre los distintos enfoques.

Comparación contra IA

La comparación se realizó con 75 vocablos diferentes a los utilizados durante el entrenamiento de la red neuronal, durante 5 ocasiones, entre el traductor neuronal propuesto y sistemas de IA generalistas como ChatGPT y Grok (Chang y col., 2014; 2024; Al-Nazi y col., 2025; López, 2025). Se analizaron los datos promedios globales mediante una comparación, desde un enfoque cualitativo, considerando que los modelos de lenguaje de gran escala son sistemas cerrados, entrenados con corpus masivos y heterogéneos no accesibles públicamente, lo que impide una comparación directa en términos de estructura interna, parámetros y/o procesos de aprendizaje. En este contexto, la evaluación se limita deliberadamente a analizar el comportamiento de cada sistema como herramienta de traducción bajo condiciones de entrada controladas, lo cual garantiza reproducibilidad experimental y validez metodológica, especialmente en escenarios de lenguas de bajos recursos.

Capacidad de generalización

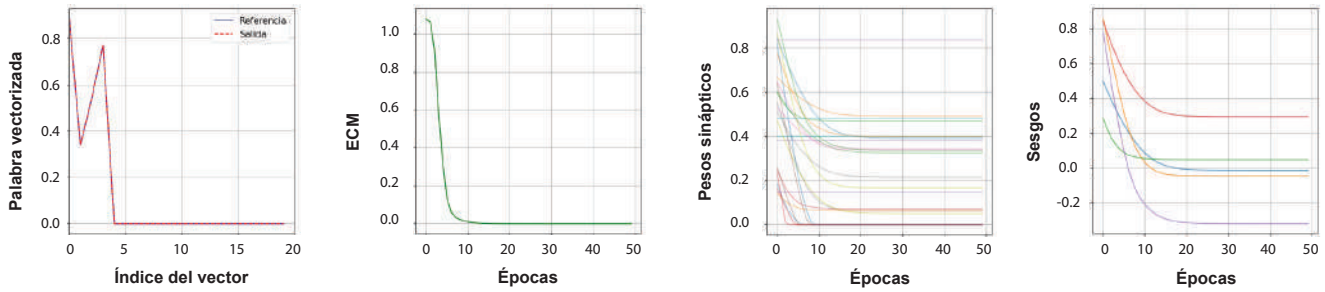
La red neuronal y el algoritmo de aprendizaje propuesto utilizaron 75 vocablos en hñähñu que no fueron utilizados durante la etapa de aprendizaje ni en la comparación contra IA, con el objetivo de analizar el desempeño del modelo ante palabras nuevas. Se realizó una validación cruzada k-fold con k = 10, para evaluar la eficiencia, la robustez y la capacidad de aprendizaje del método propuesto frente a variaciones en los datos de entrada no incluidos en el entrenamiento, mediante la determinación del ECM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la comparación de la palabra vectorizada vs el índice del vector (Figuras 4a y 4b), es po-

 CienciaUAT. 20(2): 200-221 (Ene-Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2042

a) xiñu-nariz



b) y'o-borrego

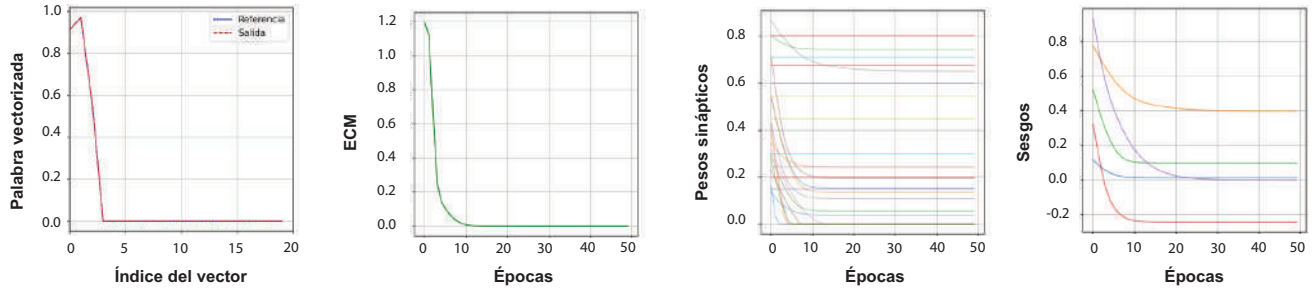


Figura 4. Aprendizaje de las palabras a) *xiñu-nariz* y b) *y'o-borrego* y sus respectivos (ECM), pesos sinápticos y sesgos.
Figure 4. Learning of the words a) *xiñu-nose* and b) *y'o-sheep* with their respective (MSE), synaptic weights, and biases.

sible observar la alta similitud en sus trayectorias de dos vocablos (*xiñu* y *y'o*), lo que indica la eficiencia del modelo. Los ECM representativos de ambos vocablos, reflejan una adecuada convergencia (tendencia a llegar a 0) del modelo, y con ello, una identificación correcta de la palabra traducida. De esta forma, la validación del traductor no se limitó a la comparación textual de las palabras traducidas, sino que se sustentó en el análisis formal del aprendizaje neuronal, donde la identificación correcta de la palabra vectorizada y la minimización del ECM confirman la efectividad del modelo (Suh y col., 2025).

El comportamiento de las convergencias de los pesos sinápticos y los sesgos de la red neuronal (Figuras 4a y 4b), indicó que la red aprendió de manera efectiva (Ying y col., 2024). Los 145 vocablos con que se entrenó a la red neuronal fueron integradas en una base de datos que permiten usar el traductor mediante una ventana como se muestra en la Figura 3. Este esquema resulta especialmente adecuado para lenguas indígenas de bajos recursos, ya que permite enriquecer la base de datos y analizar el desempeño del traductor aun cuando el corpus sea reducido.

Procesamiento de las palabras

La evaluación del entrenamiento del modelo de traducción automática español–hñähñu con el conjunto de 145 vocablos seleccionados, usando el algoritmo EyP mostró una a validación que arrojó un ECM promedio de 4.67×10^{-4} (Figura 5a), indicando alta correspondencia entre las traducciones estimadas y las de referencia en el espacio vectorial. Valores de error de

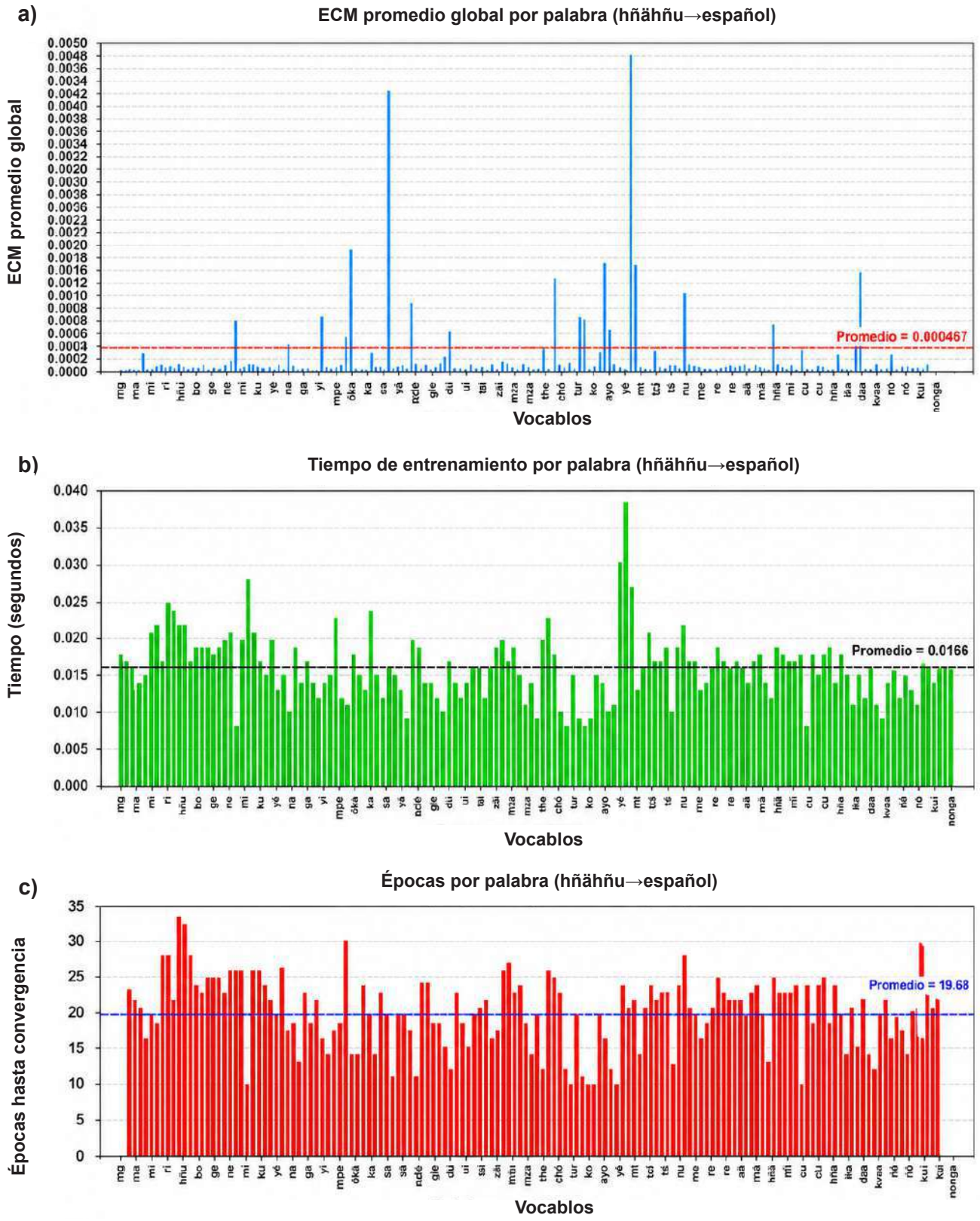


Figura 5. Errores cuadráticos medios (ECM) del promedio global (a), tiempo de entrenamiento (b) y épocas de convergencia (c), para las palabras entrenadas por la red neuronal con el algoritmo EyP para el traductor.

Figure 5. Mean squared errors (MSE) (a) average global, training time (b), and convergence epochs (c), for the words trained by the neural network using the S&P algorithm for the translator.

10^{-3} a 10^{-4} se consideran indicativos de convergencia adecuada y correcta identificación semántica, especialmente en corpus pequeños o lenguas de bajos recursos (Bengio y col., 2003; Koehn, 2010; Mikolov y col., 2013).

El tiempo promedio de procesamiento de 0.016 6 s por palabra (Figura 5b) evidencia un desempeño computacional eficiente. Tiempos menores a 0.1 s por unidad léxica son adecuados para entornos en tiempo real y herramientas de apoyo lingüístico (Koehn, 2010; Aharoni y col., 2019). Esto confirma la viabilidad del sistema para aplicaciones prácticas, incluso en contextos con recursos limitados, como entornos educativos o comunitarios, un aspecto clave para tecnologías lingüísticas en lenguas indígenas (Bird, 2020).

El número promedio de épocas para la convergencia fue de 19.68 (Figura 5c), lo que refleja la estabilidad y eficiencia del algoritmo EyP. Un bajo número de épocas indica procesos de aprendizaje bien condicionados, reduce el costo computacional y mitiga el riesgo de sobreajuste en conjuntos de datos pequeños (Joshi y col., 2020). Estos resultados brindan información sobre los tiempos de rendimiento del modelo para tareas de traducción automática en lenguas indígenas.

Comparación entre modelos

El entrenamiento del algoritmo propuesto EyP comparado con los algoritmos BP y LM, utilizando el mismo conjunto de vocablos (75) donde cada algoritmo vectoriza la palabra badu-pato, demostró que el algoritmo EyP produjo una representación inicial menor que BP y LM, las cuales muestran mayor dispersión en las etapas iniciales (Figura 6a). Aunque el EyP requirió un mayor número de épocas y tiempo de convergencia (Figura 5b y Tabla 1), mantuvo un comportamiento más estable en etapas avanzadas y fue menos sensible a las condiciones iniciales que BP y LM, los cuales, presentaron convergencias iniciales más rápidas, pero tendieron a estancarse en errores residuales mayores. Estos resultados son consistentes con reportes en la literatura sobre aprendizaje en redes neuronales con corpus pequeños o lenguas de bajos recursos. Por ejemplo, métodos como BP y LM suelen alcanzar rápidamente la minimización del error, pero su estabilidad depende fuertemente de la inicialización de (Bishop, 2006; Kayri, 2016). El algoritmo propuesto, al basarse en un enfoque estadístico–probabilístico, logra suavizar la trayectoria de aprendizaje, favoreciendo convergencia más estable y confiable, lo que es ventajoso en contextos donde la cantidad de datos es limitada (Choenni y col., 2023).

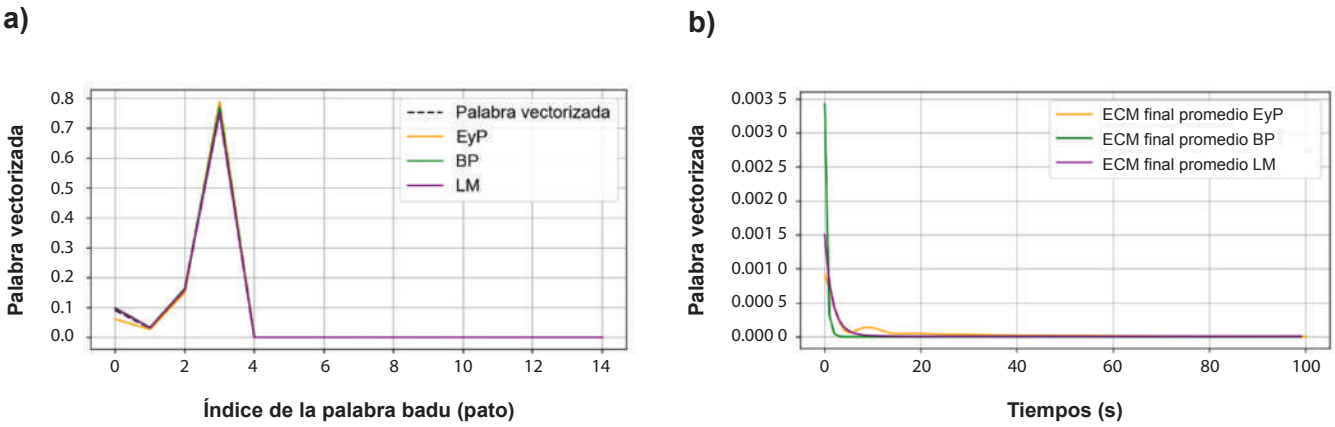


Figura 6. Comparación del aprendizaje (a) de la palabra *badu-pato* y (b) sus respectivos errores cuadráticos medios (ECM) iniciales.
Figure 6. Comparison of the learning (a) of the word badu-duck and (b) their respective average final mean square errors (MSE) initial.

Los resultados promedio globales de los tres algoritmos, al evaluar 5 vocablos, revelaron que el algoritmo EyP obtuvo el menor ECM global promedio de los 5 vocablos (1.2×10^{-5}) (Figura 7a), superando a BP y LM en términos de precisión global (ECM), lo que le requirió, en contraste, mayor tiempo (Figura 7b) y número de épocas (Figura 7c), donde una época en una red neuronal es una pasada completa de todo el conjunto de datos de entrenamiento a través del modelo. En conjunto, los resultados evidenciaron cuantitativamente que el algoritmo EyP superó a BP y LM en precisión, pero requirió mayor tiempo de procesamiento y presentó menor estabilidad en su adaptación a corpus pequeños.

Eficiencia para traducir nuevos vocablos

La validación cruzada k-fold con k = 10 para la evaluación de la capacidad de generalización

Tabla 1. Errores cuadráticos medios (ECM) para los algoritmos de aprendizaje basado en estadística y probabilidad (EyP), Backpropagation (BP) y Levenberg-Marquardt (LM) para la palabra badu (pato) en hñähñu.
Table 1. Mean squared errors (MSE) for the learning algorithms based on statistics and probability (Sand P), Backpropagation (BP), and Levenberg-Marquardt (LM) for the word badu (duck) in hñähñu.

Épocas	ECM		
	(EyP)	ByP	LM
0	0.000 914	0.003 430	0.001 503
2	0.000 456	0.000 052	0.000 435
3	0.000 236	0.000 014	0.000 248
5	0.000 069	0.000 006	0.000 093
8	0.000 136	0.000 005	0.000 033
10	0.000 137	0.000 005	0.000 022
20	0.000 058	0.000 005	0.000 014
40	0.000 031	0.000 005	0.000 014
60	0.000 020	0.000 005	0.000 014
80	0.000 014	0.000 005	0.000 014
100	0.000 009	0	0

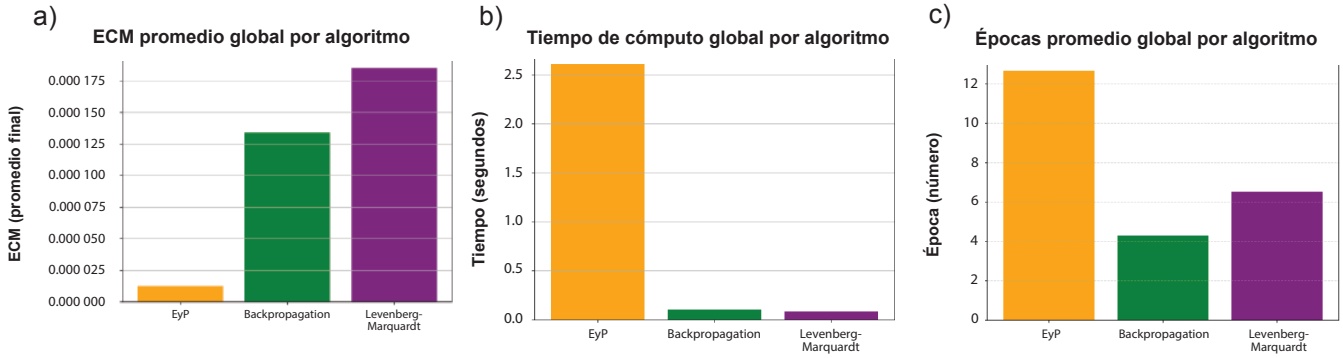


Figura 7. Resultados promedio globales de la evaluación de 5 vocablos (badu-pato, boxi-gallo, dämoni-guajolota, mey'o-chivo y tan'i- guajolote), error cuadrático promedio global (ECM) (a), tiempo de cómputo (b) número de épocas (c) para los algoritmos EyP, BP y LM.
Figure 7. Avarage overall results of the evaluation of the 5 words (badu-duck, boxi-rooster, dämoni-turkey hen, mey'o-goat y tan'i- turkey tom), Mean Squared Error (MSE) (a), computation time (b), and number epochs (c) for the EyP, BP, and LM algorithms.

de la red neuronal con el algoritmo propuesto, utilizando 75 vocablos diferentes a los utilizados durante el entrenamiento de la red neuronal hñähñu–español no incluidos en el entrenamiento original, reveló que el ECM promedio global obtenido fue de 0.076 55 (Figura 8), lo que indica un desempeño satisfactorio en la traducción de palabras no vistas. Si bien, se observaron variaciones entre folds (con valores mínimos de 0.036 y máximos de 0.216), el comportamiento general demostró que el modelo no memoriza el corpus, sino que aprende regularidades fonético–estructurales entre ambas lenguas, usando nuevas palabras como dehe-agua que logró identificar la palabra vectorizada (Figura 9a) en aproximadamente 10 épo cas (Figura 9b), mientras que, el comportamiento del ECM se puede observar que converge a cero.

Comparación con otras herramientas de IA

La ventana del traductor modificada permite incorporar nuevos datos lingüísticos de manera dinámica al sistema (Figura 10). Su diseño

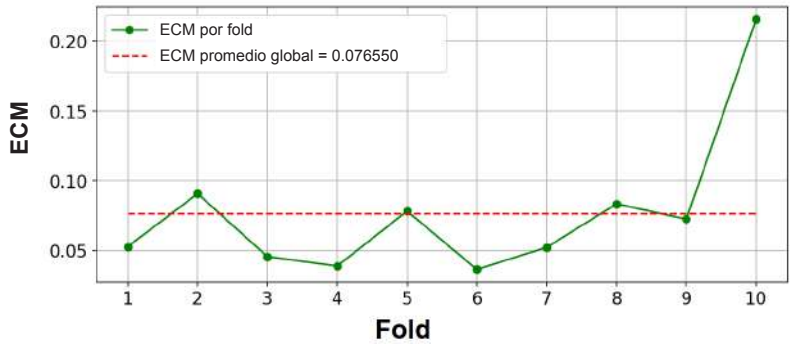


Figura 8. Errores cuadráticos medios (ECM) para los diez folds de 75 vocablos y su promedio ECM promedio global.
Figure 8. Mean squared errors (MSE) for the ten folds of the 75 words and their average MSE average global.

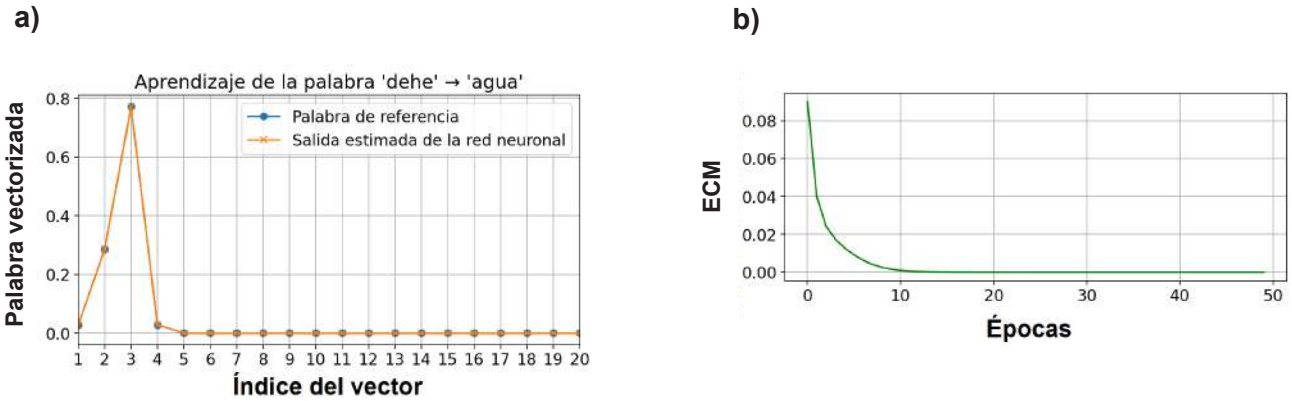


Figura 9. Identificación de la palabra vectorizada (a) dehe-agua agregada al traductor (b) y su error cuadrático medio (ECM).
Figure 9. Identification of the vectorized word (a) dehe-water added to the translator and (b) its mean squared error (MSE).

Figura 10. Ventana del traductor modificado con el fin de agregar corpus nuevo para el modelo de la red neuronal mediante el algoritmo EyP.
Figure 10. Modified translator interface designed to incorporate new corpus data into the neural network model through the EyP algorithm.

facilita la integración de un corpus adicional, enriqueciendo el proceso de aprendizaje del modelo. Esto se logra mediante el algoritmo EyP, optimizando la actualización y adaptación de la red neuronal.

En la comparación de la consistencia en la traducción entre el algoritmo EyP propuesto, Grok y ChatGPT, ante múltiples ejecuciones repetidas de una misma entrada, se observó que el algoritmo EyP mantiene una respuesta altamente estable, con variaciones mínimas y valores cercanos a la consistencia máxima, lo que refleja su comportamiento determinista y la estabilidad introducida por el esquema de aprendizaje estadístico, como puede observarse en la Figura 11a. En contraste, Grok y ChatGPT presentaron fluctuaciones más evidentes entre ejecuciones, asociadas a la naturaleza probabilística de los modelos generativos de lenguaje. Estas variaciones pueden afectar la precisión terminológica en aplicaciones donde se requiere alta repetibilidad y coherencia léxica, especialmente en contextos técnicos o educativos (Franganillo, 2023; Yi y col., 2024; Herrera-Poyatos y col., 2025).

En lo que respecta al nivel de reproducibilidad comparativo entre los tres enfoques evaluados, el algoritmo EyP alcanzó el mayor nivel de reproducibilidad debido a que su ejecución se basa en un proceso completamente definido y controlado localmente, donde los parámetros del modelo y el proceso de entrenamiento permanecen constantes, como se observa en la Figura 11b. Por el contrario, Grok y ChatGPT mostraron niveles de reproducibilidad inferiores, lo cual puede atribuirse a la dependencia de infraestructuras externas, ajustes dinámicos del modelo y mecanismos internos no completamente accesibles al usuario. Esta diferencia resalta la ventaja de los sistemas deterministas en escenarios donde la replicación exacta de resultados es un requisito fundamental (Antunes y col., 2024; Semmelrock y col., 2025).

Finalmente, el tiempo de procesamiento relativo entre el EyP, Grok y ChatGPT mostró que evidenció que el EyP presentó el menor tiempo de procesamiento, con un promedio aproximado de 0.016 6 s por palabra, demostrando una elevada eficiencia computacional (Figura 11c). En contraste, Grok y ChatGPT requirieron mayores tiempos de respuesta debido al procesamiento distribuido y a la comunicación con servidores remotos, lo que incrementó la latencia y el consumo de recur-

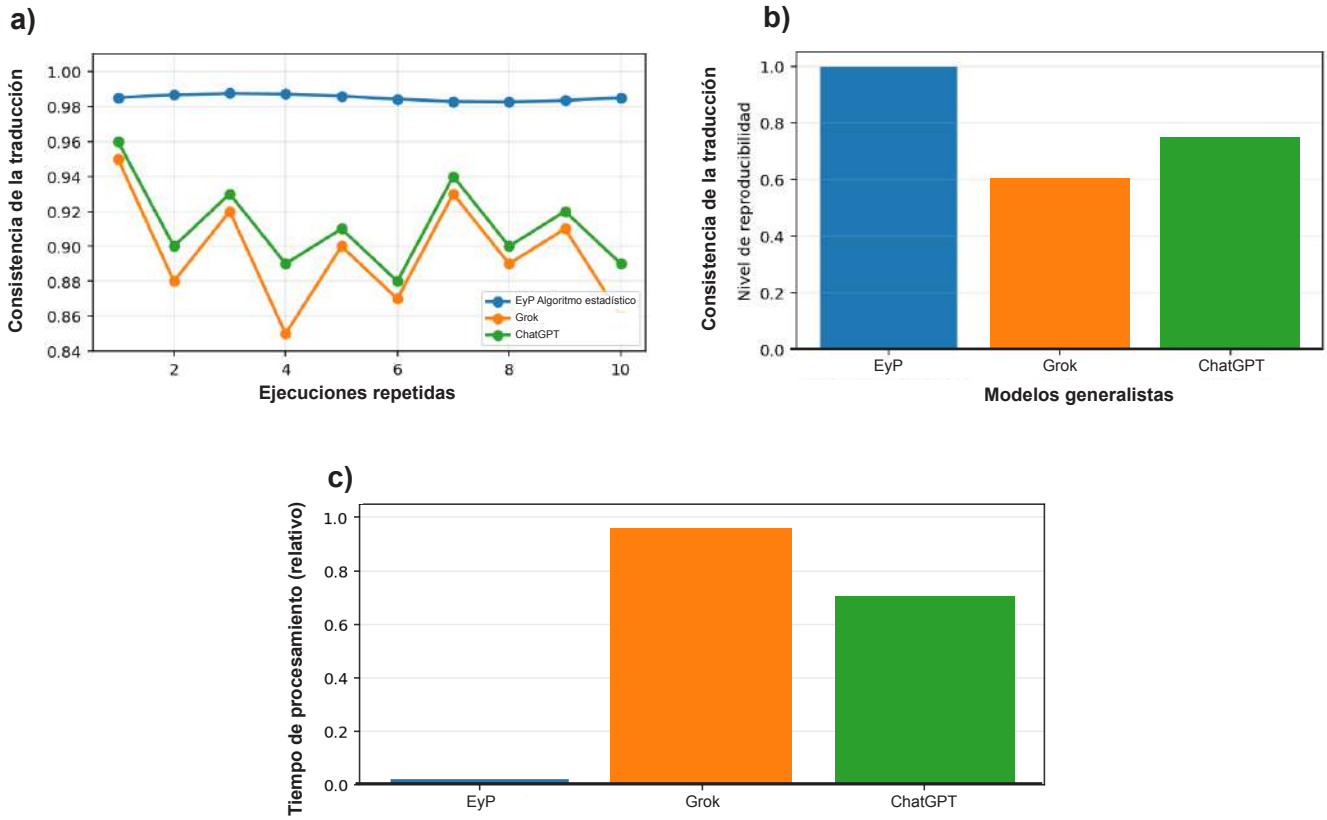


Figura 11. Comparativa entre el traductor EyP (algoritmo estadístico) y las herramientas de IA (Grok y ChatGPT), ejecuciones repetidas (a), nivel de reproductibilidad (b) y tiempos de procesamiento (c).
Figure 11. Comparison between the translator (statistical algorithm) and AI tools (ChatGPT and Grok), repeated runs (a), level of reproducibility (b), and processing times (c).

sos. Este comportamiento sugiere que el algoritmo propuesto resulta especialmente adecuado para aplicaciones en tiempo real, entornos educativos y sistemas con restricciones computacionales, donde la rapidez de respuesta y la estabilidad son factores críticos.

Los resultados de la comparación de la eficiencia del traductor propuesto contra los sistemas de IA generalistas ChatGPT y Grok sugieren que, debido a que estos no cuentan con entrenamiento específico en hñähñu, presentan errores en vocabulario indígena poco documentado. También carecen de información que ofrezca métricas cuantitativas de error y validación estadística, además de no permitir aprendizaje incremental controlado (Chang y col., 2014; 2024). En contraste, el sistema propuesto generó traducciones consistentes dentro de su corpus, identificó palabras fuera de vocabulario y ofreció métricas estadísticas verificables (López, 2025). Esto indica que, aunque las IA generalistas son adecuadas para lenguas de alto recurso, aún no son adecuadamente competitivas en lenguas indígenas de bajo recurso, donde los modelos especializados presentan ventajas claras (Al-Nazi y col., 2025).

La comparación entre el traductor neuronal propuesto y sistemas de IA generalistas como ChatGPT y Grok se realizó exclusivamente a nivel funcional y cualitativo, considerando el desempeño observable como herramienta de traducción. Mientras que los modelos generalistas están diseñados para maximizar la versatilidad lingüística y la generación de texto en múltiples dominios, el algoritmo propuesto se enfoca en la traducción léxica precisa me-

diante representaciones vectoriales explícitas y un proceso de aprendizaje estadístico–probabilístico controlado.

La Tabla 2 compara cualitativamente el traductor propuesto con sistemas de IA generalistas, enfocándose en la traducción léxica de una lengua indígena de bajos recursos, no en inteligencia general. El traductor propuesto es determinista, garantizando que una misma palabra de entrada siempre genere la misma traducción, lo cual es crucial para documentación lingüística, preservación cultural y educación. En contraste, los modelos generalistas producen salidas probabilísticas que pueden variar incluso ante entradas idénticas. Además, el algoritmo propuesto es altamente reproducible, pues puede ejecutarse con pesos sinápticos, parámetros y corpus conocidos. Los sistemas generalistas, al operar como cajas negras con actualizaciones constantes, limitan la reproducibilidad científica y el control sobre sus resultados.

Finalmente, los resultados muestran que, aunque los sistemas de IA generalistas como ChatGPT y Grok poseen una gran capacidad expresiva y cobertura lingüística amplia, no están optimizados para la traducción léxica precisa ni para la preservación de lenguas indígenas de bajos recursos (Iyer y col., 2024). El traductor propuesto, al estar basado en palabras vectorizadas y un algoritmo estadístico–probabilístico diseñado específicamente para el hñähñu, ofrece ventajas claras en términos de consistencia, reproducibilidad, eficiencia y adaptación cultural (Wang y Wang, 2025). En este sentido, ambos enfoques deben considerarse complementarios: mientras que los modelos generalistas son adecuados para tareas abiertas y de lenguaje natural amplio, el traductor propuesto resulta más apropiado para aplicaciones lingüísticas especializadas, controladas y orientadas a la preservación cultural (Ataman, 2025).

La utilización de principios estadísticos, como la normalización del error mediante funciones de distribución acumulada, introdujo un enfoque alternativo al aprendizaje tradicional en redes neuronales. Dicho mecanismo permitió ajustar los pesos sin recurrir al cálculo de derivadas, lo cual representó una ventaja significativa frente a métodos clásicos como el BP y LM, que dependen fuertemente del gradiente (Tabla 1 y Figura 7). En este sentido, el algoritmo EyP mostró mayor estabilidad numérica y menor sensibilidad a problemas como mínimos locales o gradientes nulos. Además, al evitar operaciones derivativas

Tabla 2. Comparación cualitativa entre el traductor propuesto y sistemas de IA generalistas.
Table 2. Qualitative comparison between the proposed translator and generalist AI systems.

Criterio	Traductor propuesto	ChatGPT/Grok
Tipo de modelo	Red neuronal determinista con corrección estadística	Modelo generativo probabilístico de gran escala
Tipo de salida	Determinista (misma entrada → misma salida)	Estocástica (salida variable ante misma entrada)
Consistencia	Alta	Variable
Reproducibilidad	Alta (ejecución local, pesos fijos)	Limitada (modelo cerrado, versiones dinámicas)
Precisión léxica	Alta (comparación vector–vector)	Variable (prioriza fluidez semántica)
Adaptación cultural	Alta (corpus hñähñu específico)	Generalista
Eficiencia computacional	Alta (0.016 6 s por palabra)	Dependiente de infraestructura remota
Lenguas de bajos recursos	Limitado	Limitado

CienciaUAT. 20(2): 200–221 (Ene–Jun 2026). ISSN 2007-7858 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i2.2042

complejas, es posible reducir la carga computacional en ciertos escenarios, favoreciendo su implementación en contextos con recursos limitados o datos ruidosos. No obstante, aunque estas ventajas le otorgan competitividad, es importante considerar que los métodos basados en gradiente como Backpropagation y Levenberg-Marquardt siguen siendo altamente eficientes en problemas bien condicionados, como se muestra en la Tabla 1, por lo que la elección del enfoque depende del tipo de aplicación y las características del conjunto de datos.

CONCLUSIONES

El algoritmo EyP demostró tener un enfoque efectivo para la traducción automática hñähñu–español, mostrando convergencia estable, precisa y robusta frente a variaciones morfológicas (estructurales) y fonológicas propias del hñähñu. Estas características lo hacen especialmente adecuado para lenguas indígenas como el hñähñu con alta complejidad lingüística y escasez de datos. Los resultados evidenciaron que EyP no solo aprendió correspondencias léxicas directas, sino que capturó patrones estructurales a nivel de caracter, favoreciendo la representación de relaciones semánticas entre hñähñu y español. Su estructura adaptativa permitió el aprendizaje incremental, incorporando nuevas palabras sin reiniciar el entrenamiento completo, lo que refuerza su aplicabilidad en contextos educativos bilingües y proyectos de preservación lingüística. El sistema basado en EyP mostró ventajas contra las IA generalistas ChatGPT y Grok, al ofrecer traducciones consistentes, métricas verificables y posibilidad de ampliación, y al no ser estos, actualmente, modelos especializados para lenguas de bajo recurso. Entre los desafíos críticos que persisten, destacan la falta de estandarización de la escritura hñähñu, variación dialectal y tonal, escasez de corpus digitales y limitada disponibilidad de herramientas para generar texto a partir de registros orales. Por ello, es necesario complementar los modelos con datos sintéticos, ampliar corpus léxicos y morfológicos y desarrollar módulos de reconocimiento de voz. Como perspectiva futura, se propone extender EyP a otros pares de lenguas indígenas, integrar módulos de audio para enseñanza de pronunciación y generar traductores estadístico-neurales culturalmente adaptados. Actualmente, EyP representa un avance significativo al combinar estadística, IA y lingüística aplicada, proporcionando una herramienta científicamente sólida y socialmente relevante para la preservación y revitalización de lenguas originarias.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

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

REFERENCIAS

Aguilar-Santiago, C. A. y García-Zúñiga, H. A. (2023). Tecnologías del lenguaje aplicadas al procesamiento de lenguas indígenas en México: una visión general. *Lingüística y Literatura*, 44(84), 79-102. https://doi.org/10.17533udea.lyl.n84a04

Aharoni, R., Johnson, M., & Firat, O. (2019). Massively multilingual neural machine translation. *In Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computatioal Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)* (pp. 3874-3884).

Allgaier, J. & Pryss, R. (2024). Cross-Validation Visualized: A Narrative Guide to Advanced Methods. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 6(2), 1378-1388. https://doi.org/10.3390/make6020065

Al-Nazi, Z., Hossain, M. R., & Al-Mamun, F. (2025). *Evaluation of open and closed-source LLMs for low-resource language with zero-shot, few-shot, and chain-of-thought prompting. Natural Language Processing Journal*, 10, 100124. https://doi.org/10.1016/j.nlp.2024.100124

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camn, J. D., & Martin, K. (2008). Estadística para administración y economía (Tenth edition). Cengage Learning. https://books.google.com.

mx/books/about/Estad%C3%ADstica_Para_Administraci%C3%B3n_Y_Econ.html?id=8SfLwAEACAAJ

Antunes, B. A. & Hill, D. R. C. (2024). Reproducibility, replicability and repeatability: A survey of reproducible research with a focus on high performance computing. *Computer Science Review*, 53, 100655. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2024.100655

Ataman, D. (2025). Machine translation in the era of large language models. *Information*, 16(9), 723. https://doi.org/10.3390/info16090723

Baruch, I. S., Quintana, V. A., & Reynaud, E. P. (2017). Complex-valued neural network topology and learning applied for identification and control of nonlinear systems. *Neurocomputing*, 233, 104-115. https://doi.org/10.1016/j.necom.2016.09.109

Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., & Jauvin, C. (2003). A neural probabilistic language model. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 1137-1155.

Bird, S. (2020). Decolonising speech and language technology. In Proceedings of the 28th international conference on computational linguistics (pp. 3504-3519).

Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. https://doi.org/10.1117/1.2819119

Chang, Y., Wang, X., Wang, J., Wu, Y., Yang, L., Zhu, K.,Chern, K., Yi, X., Wang, C., Ye, W., Zhang, Y., Chang, Y., Yang, Q, & Xie, X. (2024). A survey on evaluation of large language models: Metrics, applications, and methodologies. ACM Computing Surveys. https://doi.org/10.1145/3641289

Çelik, Ö. & Koç, B. C. (2021). TF IDF, Word2vec ve fasttext vektör model yöntemleri ile türkçe haber metinlerinin sınıflandırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 121-127. https://doi.org/10.21205/deufmd.2021236710

Choenni, R., Garrette, D., & Shutova, E. (2023). Cross-lingual transfer with language-specific subnetworks for low-resource dependency parsing. *Computational Linguistics*, 49(3), 613-641. https://doi.org/10.1162/coli_a_00482

Chongchong-Li, Y., Liu, Y., & Ma, Z. M. (2024). Neural networks taking probability distributions as input: A framework for analyzing exchangeable networks. *Neurocomputing,* 584, 127572. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.127572

De-la-Vega, L. M. (2017) Aprendiendo otomí (Hñähñu). Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302157/aprendiendo-otomi-temoaya-estado-de-mexico-web.pdf. Fecha de consulta: 15 de abril de 2025.

De-la-Torre, J. (2025). Transformadores: Fundamentos teóricos y aplicaciones. arXiv. https://arxiv.org/abs/2302.09327

Dyson, L. E., Grant, S., & Hendriks, M. (2016). Indigenous people and mobile technologies. Routledge.

Dyson, L. E., Hendriks, M., & Grant, S. (2007). Information technology and indigenous people. In L. E. Dyson, M. Hendriks, & S. Grant (Eds.), *Information Technology and Indigenous People* (pp. 1-12). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-59904-298-5

Escorza-Sánchez, Y. M., Martínez-Martín, G., Saldaña-Tapia, Y. y Maldonado-Catalán, O. (2018). Aplicación móvil para reforzar el aprendizaje de la lengua Hñähñu. *Revista de Tecnología y Educación*, 2(6), 23-31. https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Tecnologia_y_Educacion/vol2num6/Revista_de_Tecnolog%C3%ADa_y_Educaci%C3%B3n_V2_N6_4.pdf

Franganillo, J. (2023). Los grandes modelos de lenguaje: una oportunidad para la profesión bibliotecaria. Anuario ThinkEPI, 17. https://doi.org/10.3145/thinkepi.2023.e17a28

Gallardo-Arias, P. (2012). Ritual, palabra y cosmos otomí: yo soy costumbre, yo soy de antigua. UNAM. [En línea]. Disponible en: https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/ritualpalabra/RPC004.pdf. Fecha de consulta: 25 de abril de 2025.

González-Servín, C., Sidorov, G., Maldonado-Sifuentes, C. E., & Núñez-Prado, C. J. (2025). Transformer-based approaches for purépecha translation: Advancing indigenous language preservation. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 16(1), 64-74. https://doi.org/10.61467/

2007.1558.2025.v16i1.595

HaCohen, Y., Miller, D., & Yigal, Y. (2020). The influence of preprocessing on text classification using a bag of words representation. *Plos One*, 15(5), e0232525. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232525

Hernández-Cruz, L., Victoria-Torquemda, M. y Sinclair-Crawford, D. (2010). Diccionario del Hñähñu (otomí) del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Instituto Lingüístico de verano, A.C. [En línea]. Disponible en: http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Valle-Del-Mezquital-Diccionario-Hnahnu.pdf. Fecha de consulta: 15 de abril de 2025.

Hernández-Pérez, Y., Guzmán-Villa, M. G. y Simón-Ñonthe, E. (2020). Un libro electrónico en lengua hñähñu para promover el rescate y la ingesta de alimentos saludables. *Revista Lengua y Cultura*, 1(2), 77-84. https://doi.org/10.29057/lc.v1i2.5432

Herrera-Poyatos, D., Peláez-González, C., Zuheros, C., Herrera-Poyatos, A., Tejedor, V., Herrera, F., & Montes, R. (2025). An overview of model uncertainty and variability in LLM-based sentiment analysis: challenges, mitigation strategies, and the role of explainability. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1609097. https://doi.org/10.3389/frai.2025.1609097

Hinton, L. & Hale, K. (2001). The Green Book of Language Revitalization in Practice. Academic Press. https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/424555

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2024). Estadísticas a propósito del día Internacional de los Pueblos Indígenas. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_PueblosInd24.pdf. Fecha de consulta: 15 de abril de 2025.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Encuesta Intercensal 2015. Lenguas indígenas nacionales y su distribución geográfica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/ Fecha de consulta: 15 de abril de 2025.

INALI, Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (2015). Estadísticas de la lengua otomí. INALI. [En línea]. Disponible en: https://site.inali.gob.mx/Micrositios/normas/estadisticas_otomi.html. Fecha de consulta: 1 de marzo de 2025

Iyer, V., Malik, B., Zhu, W., Stepachev, P., Chen, P., Haddow, B., & Birch, A. (2024). Exploring very low resource translation with LLMs, The University of Edinburgh's submission to Americas, NLP 2024 translation task. *Proceedings of the 4th Workshop on Natural Language Processing for Indigenous Languages of the Americas*, 209-220. https://doi.org/10.18653/v1/2024.americasnlp-1.25

Joshi, P., Santy, S., Budhiraja, A., Bali, K., & Choudhury, M. (2020). The state and fate of linguistic diversity and inclusion in the NLP world. ACL.

Kayri, M. (2016). Predictive abilities of Bayesian regularization and Levenberg–Marquardt algorithms in artificial neural networks: A comparative empirical study on social data. *Mathematics and Computational Applications*, 21(2), 20. https://doi.org/10.3390/mca21020020

Khoussi, S., Heckert, A., Battou, A., & Bensalem, S. (2021). A neural networks-based methodology for fitting data to probability distributions. *En 2021 IEEE/ACS 18th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)* (pp. 1-7). IEEE. https://doi.org/10.1109/AICCSA53542.2021.9686821

Koehn, P. (2010). Statistical Machine Translation. Cambridge University Press.

Kurniawan, F. W. & Maharani, W. (2020). Indonesian Twitter Sentiment Analysis Using Word2Vec. 2020 International Conference on Data Science and Its Applications (ICoDSA). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICoDSA50139.2020.9212906

Lastra, Y. (2010). Los otomíes, su lengua y su historia. Publicaciones del Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. https://editorialiia.unam.mx/omp/index.php/publicaciones/catalog/book/otomies_lengua_historia

Linka, K., Schäfer, A., Meng, X., Zou, Z., Karniadakis, G. E., & Kuhl, E. (2022). Bayesian physicsinformed neural networks for real world nonlinear dynamical systems. *Computer Methods*

in Applied Mechanics and Engineering, 402, 115346. https://doi.org/10.1016/j.cma.2022.115346

López, D. (2025). Dificultades asociadas en el uso de CHATGPT desde la perspectiva del estudiante. *CIENCIA UNEMI*, 18(47), 87-95. https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol18iss47.2025pp87-95p

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient estimation of word representations in vector space. ICLR.

Mohebali, B., Tahmassebi, A., Meyer-Baese, A., & Gandomi, A. H. (2020). Probabilistic neural networks: A brief overview of theory, implementation, and application. In P. Samui, D. T. Bui, S. Chakraborty, & R. C. Deo (Eds.), *Handbook of Probabilistic Models* (pp. 347-367). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816514-0.00014-X

Nurdin, A., Seno-aji, B., Bustamin, A., & Abidin, Z. (2020). Perbandingan kinerja word embedding Word2Vec, GloVe, dan FastText pada klasifikasi teks. *Jurnal Tekno Kompak*, 14, 74. https://doi.org/10.33365/jtk.v14i2.732

Oakland, J. & Oakland, R. (2024). Statistical process control and data analytics (8th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003439080

Ojeda, M. A., Baruch, I. S., & Soria, A. L. (2019). A real-time identification for hand-based movements using Recurrent Complex-Valued Neural Networks. *2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)*, 1-6. https://doi.org/10.1109/CCAC.2019.8920864

Ojeda-Misses, M. A., Martines-Arano, H., López-Morales, V., Franco-Árcega, A., & Márquez-Grajales, M. (2024). Self-tuned closed-loop controller based on statistical data using a servomechanism. *2024 XXVI Robotics Mexican Congress (COMRob)*, 27-32. https://doi.org/10.1109/COMRob64055.2024.10777440

Ojeda-Misses, M. A., Martines-Arano, H., Sampedro-Mendoza, A., Franco-Árcega. A. y López-Morales, V. (2025). Diseño de un controlador mediante datos estadísticos en lazo cerrado para un servomecanismo mediante una técnica de autosintonización. *RIIIT Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica,* 12(72). https://riiit.com.mx/apps/site/files_v2450/controlador_hgo._2_riiit_ene-feb_2025.pdf

Ramos-Aguilar, E., Olvera-López, J. A., & Olmos-Pineda, I. (2025). WavLM-Based Automatic Pronunciation Assessment for Yuhmu Speech: A Low-Resource Language. *Computación y Sistemas*, 29(3), 1257-1270. https://doi.org/10.13053/CyS-29-3-5913

Remus, W. & O'Connor, M. (2001). Neural networks for Time-Series Forecasting. In: Armstrong, J. S. (Eds.), Principles of Forecasting. *International Series in Operations Research & Management Science*, 30. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-306-47630-3_12

Santiago-Benito, H., Córdova-Esparza, D. M., Castro-Sánchez, N. A., García-Ramirez, T., Romero-González, J. A., & Terven, J. (2024). *Automatic Translation between Mixtec to Spanish Languages Using Neural Networks. Applied Sciences*, 14(7), 2958. https://doi.org/10.3390/app14072958

Semmelrock, H., Ross-Hellauer, T., Kopeinik, S., Theiler, D., Haberl, A., Thalmann, S., & Kowald, D. (2025). Reproducibility in machine-learning-based research: Overview, barriers and drivers. *IEEE ACCESS* 46(2), 211860-211868. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3039833

Sennrich & Zhang (2019). Revisiting low-resource neural machine translation: A case study. In *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, pages 211-221, Florence, Italy. Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/P19-1021

Singh, S., Kumar, K., & Kumar, B. (2022). Sentiment Analysis of twitter data using TF-IDF and machine learning techniques. 2022 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COM-IT-CON). 10.1109/COM-IT-CON54601.2022.9850477.

Suh, N. & Cheng, G. (2025). A survey on statistical theory of deep learning: Approximation, training dynamics, and generative models. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 12, 177-207. https://doi.org/10.1146/annurev-statistics-040522-013920

Vargas-García, I. (2017). Experiencias de un proyecto de revitalización lingüística del hñähñu

(otomí) del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Zeitschrift für romanische Philologie*, 133(4), 1064-1090. https://doi.org/10.1515/zrp-2017-0055

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). *Attention is all you need*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762

Wang, H. & Wang, X. (2025). Enhancing translation accuracy and learning outcomes for low resource languages: AI fine tuning and learner adoption factors. *System*, 134, 103807. https://doi.org/10.1016/j.system.2025.103807

Yi, Q., Chen, X., Zhang, C., Zhou, Z., Zhu, L., & Kong, X. (2024). Diffusion models in text generation: a survey. *PeerJ Computer Science*, 10, e1905. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1905

Ying, H., Song, M., Tang, Y., Xiao, S., & Xiao, Z. (2024). Enhancing deep neural network training efficiency and performance through linear prediction. Scientific Reports, 14, Article 15197. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65691-0

NORMAS DE PUBLICACIÓN CIENCIAUAT

VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

Los autores deben solicitar al correo electrónico **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 generan 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 dónde 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^{-1}. Otro ejemplo: se debe usar kg/m^3 en lugar de kg m^{-3} (kg x m^{-3} o kg * m^{-3}).

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 7ª 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 guion (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 Indice 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: standar- dizing 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

Ruíz, 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.

CIENCIAUAT EDITORIAL POLICIES

VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

Authors are required to send an email to c**ienciauat@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 sor 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^{-1} Another example: kg/m^3 instead of kg m^{-3} (kg x m^{-3} o kg * m^{-3}).

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 retreivable 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 arrticles

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 Indice 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: standar- dizing 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

Generally speaking, the citations should followed 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

Ruíz, 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.

Revista arbitrada e indexada en bases de datos internacionales

BASE Bielefeld Academic Search Engine

Journal Citation Reports™

LENS.ORG Solving The Problem Of Problem Solving™

iresie Banco de datos sobre educación

The Knowledge Network

Dimensions

WorldCat

NSD ERIH PLUS EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

Google Académico

SCRIBD

Ciencia y Tecnología Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

LILACS Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud

latindex

REDIB | Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

scienceOPEN.com research+publishing network

PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

OpenAlex

Dialnet

Jisc

redalyc UAEMEX

MIAR

USDA

Semantic Scholar

SciELO México

Clarivate Web of Science™

Envía tus colaboraciones científicas a:

cienciauat@uat.edu.mx

CienciaUAT

VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD