



Ntthe

Ntthe, palabra ñañhò (otomí) que significa "vínculo" o "enlace" (se pronuncia "enté")

ISSN 2007-9079

Revista electrónica de difusión científica, tecnológica y de innovación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

ISSN 2007 - 9079 Periodicidad: Cuatrimestral, enero - abril - 2026, num. 50

DIFUSIÓN CIENTÍFICA

Ciencias Naturales, Ingeniería,
Salud, Tecnología e Innovación

Directorio

PRESIDENTE

LIC. MAURICIO KURI GONZÁLEZ

VICEPRESIDENTE

DRA. MARTHA ELENA SOTO OBREGÓN

DIRECTOR GENERAL

DR. ENRIQUE RABELL GARCÍA

SECRETARIO

LIC. RENÉ MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS. Año 17, num. 50, enero - abril 2026. *Nthe* es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ): calle Luis Pasteur Sur núm. 36, col. Centro; CP 76000; tel. (442) 214 3685; www.concyteq.edu.mx; nthe@concyteq.edu.mx. Editor responsable: Felipe de Jesús Esperón Valenzuela. Reserva de derechos al uso exclusivo núm. 04-2018-111410321700-203; ISSN 2007-9079, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Felipe de Jesús Esperón Valenzuela: calle Luis Pasteur Sur núm. 36, col. Centro; CP 76000. Fecha de última modificación: abril de 2026

Nthe ha sido aprobada para su inclusión en el Índice del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX)

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación siempre y cuando se cite la fuente.

EDICIÓN Y DISEÑO DE LA PUBLICACIÓN
LIC. FELIPE DE JESÚS ESPERÓN VALENZUELA

CORRECCIÓN DE ESTILO
DRA. MARÍA LUISA ÁLVAREZ MEDINA
MTRA. MONSERRAT ACUÑA MURILLO

Nthe, Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro:
<http://nthe.mx/>

Luis Pasteur Sur núm. 36
Col. Centro, CP 76000
Tel. 52 (442) 214 3685 / 212 7266, ext. 105
Querétaro, Qro., México

Consejo editorial

Investigadores nacionales

Dr. Alejandro Manzano Ramírez

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, unidad Querétaro

Dr. Flora Mercader Trejo

Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui

Dr. Sergio Barrera Sánchez

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, campus Querétaro

Dr. Martha Cruz Soto

Universidad del Valle de México, campus Querétaro

Dr. Gabriela Calderón Guerrero

Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Víctor Castaño Meneses

Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM, campus Juriquilla

Dr. Rolando Salinas García

Unidad Multidisciplinaria de Estudios Sobre el Trabajo, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Miguel Martínez Madrid

Instituto Mexicano del Transporte, SCT

Dr. Daniel Hiernaux Nicolás

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Gabriel Corral Velázquez

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Salvador Echeverría Villagómez

Centro Nacional de Metrología

Dr. Alberto Traslosheros Michel

Universidad Aeronáutica en Querétaro

Dra. Alejandra Urbiola Solís

Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Jöns Sánchez Aguilar

Instituto Tecnológico de Querétaro, Tecnológico Nacional de México

Dr. Octavio López Millán

Instituto Tecnológico de Hermosillo

Dra. Marcela Hernández Romo

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa

Mtra. Martha Díaz Muro

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México

Dr. Sergio Sandoval Godoy

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Sonora

Dr. Martín Alfonso Gutiérrez López

Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Jorge Raúl Palacios Delgado

Universidad del Valle de México, campus Querétaro

Dra. María Guadalupe Ordaz Cervantes

Universidad Autónoma de Querétaro

Mtra. Eva Leticia Ortiz Ávalos

Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Adriana del Carmen Gallegos Melgar

CONACYT - COMIMSA

Dra. Ana Isabel Moreno Calles

Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia.

Dra. Olivia Solís Hernández

Universidad Autónoma de Querétaro

Externo

Dr. Víctor Hugo Muciño Quintero

Universidad de West Virginia, EUA



La revista electrónica *Nthe* es financiada en su totalidad por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro en el marco del presupuesto autorizado el día 23 de diciembre de 2025. (Publicado en el periódico oficial del estado de Querétaro, La Sombra de Arteaga).

Comité de evaluadores

Dra. Marcela Vargas Hernández
Universidad Autónoma de Querétaro

Dra. Ixchel Parola Contreras
Tecnológico de Estudios Superiores de
Chimalhuacán

Dra. Ma Cristina Vazquez Hernandez
Tecnológico Nacional de México
Campus Roque

Dr. Jorge Raúl Palacios Delgado
Universidad del Valle de México
Campus Querétaro

Dr. Jaime Sebastián F. Galán Jiménez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Mtro. Rodrigo Venegas López
Tecnológico Nacional de México
Campus Chihuahua II

Dra. Georgina Flores García
Facultad de Humanidades
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Dante Alberto Alcántara Bojorge
Departamento de Historia y Antropología
Universidad de Sonora

Dra. Ivette Mata Maqueda
Secretaría de Salud del Estado de Querétaro

Dr. Jesús Roberto Milán Almaraz
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
Universidad Autónoma de Sinaloa

Dra. Gabriela Castilla Galicia
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. José de Jesús López Jiménez
Departamento de Morfología, CUCS
Universidad de Guadalajara

Dra. Ana Lilia Fletes Rayas
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
Universidad de Guadalajara

Mtra. Hilda Edith Noriega Jiménez
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. José Gerardo Hernández Hernández
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

Comentario *Nthe*

Estimados lectores, en esta edición presentamos a quince artículos, todos ellos producto de investigaciones y aplicaciones tecnológicas que las y los investigadores realizan dentro de sus áreas del conocimiento.

La ciencia y la tecnología avanzan a partir del diálogo entre disciplinas, contextos y metodologías. En este número, la diversidad temática de los trabajos presentados evidencia la riqueza del quehacer investigativo contemporáneo y la necesidad de difundirlo oportunamente. Desde el análisis del *Etileno en tomate como regulador postranscripcional de maduración* hasta el *Efecto del sonido de abejorro en chile jalapeño en capsaicina y rendimiento*, se observa cómo la investigación agrobiológica continúa aportando soluciones innovadoras para mejorar la productividad y comprender los procesos fisiológicos de los cultivos.

La dimensión educativa y social también ocupa un lugar central. La *Pedagogía académica de la enseñanza universitaria* y el estudio sobre *Experiencias adversas en la infancia y sus implicaciones en la severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana en estudiantes universitarios* destacan la relevancia de la formación integral y del análisis de los factores que influyen en el desarrollo humano. A ello se suma el trabajo sobre *IAG ante la pérdida de lenguas indígenas*, que evidencia el potencial de la tecnología para contribuir a la preservación del patrimonio cultural.

En el ámbito ambiental y urbano, propuestas como *Agroecología como alternativa frente al modelo agroindustrial global*, el *Tratamiento fotalítico de lixiviado de colillas con *Pleurotus ostreatus** y *Canal Nacional como parque lineal para la sustentabilidad de la Ciudad de México* reflejan la urgencia de diseñar estrategias sostenibles frente a los desafíos ecológicos actuales. De manera complementaria, investigaciones de ingeniería como la *Evaluación de niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas mediante microsimulación* muestran cómo las herramientas tecnológicas contribuyen a la mejora de la movilidad y la planeación urbana.

El número se fortalece con aportaciones del área de la salud, incluyendo revisiones sobre aterosclerosis asociada al estrés crónico, fundamentos de estudios transversales, diseños de cohorte y reportes de caso médicos, además del análisis *Más allá del cerebro: TRH como modulador hepático*. Estos trabajos consolidan la importancia de la investigación metodológica y clínica para sustentar decisiones basadas en evidencia.

La publicación de estos artículos reafirma el papel de las revistas científicas como espacios de difusión y construcción colectiva del conocimiento. Es a través de la comunicación clara y rigurosa de sus hallazgos que los investigadores amplían el impacto de su trabajo, promueven la colaboración interdisciplinaria y contribuyen a la solución de problemáticas reales. Difundir la ciencia no sólo documenta avances; también inspira nuevas preguntas y fortalece el vínculo entre investigación, sociedad y desarrollo tecnológico.

Dr. Enrique Rabell García
Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

ÍNDICE

Etileno en tomate como regulador postranscripcional de maduración

Estefanía Arellano Ordoñez
Ana Laura Villagómez Aranda
Christopher Alexis Cedillo Jiménez
Centro de Investigaciones Aplicadas en Biosistemas, Universidad Autónoma de Querétaro.
Departamento de Comunicación de la Ciencia, MotusLab, Querétaro
Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro Unidad Cadereyta

Pedagogía académica de la enseñanza universitaria

Leoncio Baltazar Baltazar Jiménez
Dr. José Antonio Cabello Gil
Sara García Alcántara
María Isabel Almaraz Zárraga
Universidad Tecnológica de Querétaro

Agroecología como alternativa frente al modelo agroindustrial global

Christopher Alexis Cedillo Jiménez
Pedro Gilberto Lobato Cruz
Ana María Arteaga Reséndiz
Medardo Naranjo Valdés
Enrique Rico García
Rosalía Virginia Ocampo Velázquez
Departamento de comunicación de la ciencia, MotusLab, Querétaro.
Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro Unidad Cadereyta.
Sistema de Bachillerato en Línea de la Secretaría de Educación Pública. Unidad Popular Autónoma de Veracruz.
Escuela de Bachilleres Campus Amazcala, Universidad Autónoma de Querétaro.
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba.
Centro de Investigaciones Aplicadas en Biosistemas, Universidad Autónoma de Querétaro.

Tratamiento fotolítico de lixiviado de colillas con *Pleurotus ostreatus*

Diana Ivette Hernández Razo
Frida Susana Lozada Noguéz
Johana Guadalupe Moncada Sanchez
Gabriel Rodríguez Loyola
D. Alonso Segura
Laboratorio de Biotecnología
Universidad Tecnológica de Corregidora

01

07

14

21

Evaluación de niveles de servicio de intersecciones no semaforizadas en función del tiempo promedio de demora utilizando microsimulación

Israel Biais Hernández
Emilio Abarca Pérez
Eduardo Daniel García Gutiérrez
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro.
Coordinación de Estudios Económicos y Sociales del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte.
Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte

Experiencias adversas en la infancia y sus implicaciones en la severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana en estudiantes universitarios

Ximena Velasco Rivas
Jéssica Hernández Contreras
Vida Olin García González
Jesús Adrián Figueroa Hernández
Universidad Anáhuac Puebla

Canal nacional como parque lineal para la sustentabilidad de la ciudad de México

Rafael Trejo Valle
Luis Martín Bañuelos Soto
Enhit Karina Solís Martínez
Facultad de Arquitectura
Instituto Tecnológico de Chihuahua II

IAG ante la pérdida de lenguas indígenas: un estudio de caso

Laura Alarcón Fabela
Paulina Latapí Escalante
Maestría en Estudios Amerindios y Educación Bilingüe de la Universidad Autónoma de Querétaro

Efecto del sonido de abejorro en chile jalapeño en capsaicina y rendimiento

Laura Xóchitl Cruz Cárdenas
Luis Miguel Contreras Medina
Ramon G. Guevara González
Juan F. García Trejo
Ingeniería de Biosistemas CA, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro

25

38

48

53

60

ÍNDICE

Aterosclerosis secundaria al diagnóstico de estrés crónico en adultos mayores: artículo de revisión

Mariana Raquel Servín Mundo
Juan Manuel Martínez Monzón
Mónica Anahí Yáñez Trejo
Camila Peralta Tamayo
Montserrat Bucio Moran
Ian Emiliano Martínez Martínez
Alix Naara Ortiz Ortega
Adrián Enrique Hernández Muñoz
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

69

Características metodológicas y elementos teóricos de los reportes de caso médicos: artículo de revisión narrativa

Montserrat Paz García
Isis Osiris Ortega Suárez
Karla Pérez Velázquez
María Karen Vargas Barrón
Andrei Michell Guzmán Elizarraraz
Adrián Enrique Hernández Muñoz
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

76

Teoría y metodología de estudios transversales para tesis médicas

Diego Paniagua AVECILLA
Brianna Concepción Gómez Michaus
Adrián Enrique Hernández Muñoz
Carlos Abraham García Segovia
Celine Alvarado Marquez
Julio González Breña
Mardey Liceth Cuellar Núñez
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

83

Características y elementos de los reportes de caso: revisión narrativa

Natasha Alexandra Burgos Molina
Delsy Abigail Cerrillos Rangel
Arlette Michelle Osorio Contreras
Eric Damian Ramirez Zavala
Valeria Sánchez Gaona
Adrián Enrique Hernández Muñoz
Hilda Edith Noriega Jiménez
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

91

Ensayo sobre los fundamentos teóricos, metodológicos y estadísticos de los diseños de cohorte

Alejandro Hernández Botello
Elisa Mariana Ramírez Rangel
Adrián Enrique Hernández Muñoz
Itzia Ximena López León
Miguel Ángel Anyodei Zamora Gasca
Daniel Coellar Tejeida
Juan José Reséndiz Martínez
Anahí Daisy Flores Loredo
Emiliano Camacho Ramos
Karla Michelle Hernández Muñoz
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Querétaro

98

Más allá del cerebro: TRH como modulador hepático

David Salvador Díaz Ortegón
Santiago M. Pech-Pool
Aurea Orozco Rivas
Carlota García Gutiérrez
Iván Lazcano Sánchez
Centro de Investigación Biomédica Avanzada,
Facultad de Medicina, Universidad Autónoma
de Querétaro.
Instituto de Neurobiología, Universidad
Nacional Autónoma de México (UNAM),
Campus Juriquilla, Querétaro

106

Etileno en tomate como regulador postranscripcional de maduración

Arellano-Ordoñez Estefanía¹, Villagómez-Aranda Ana Laura¹, Cedillo-Jiménez Christopher Alexis^{1,2,3*}

¹ Centro de Investigaciones Aplicadas en Biosistemas, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

² Departamento de Comunicación de la Ciencia, MotusLab, Querétaro, México.

³ Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro Unidad Cadereyta, México.

*Correspondencia: c.cedilloc@gmail.com

Resumen

El etileno es el regulador principal de la maduración en frutos climatéricos como el tomate, donde su producción exponencial tras la maduración afecta significativamente las características organolépticas del producto. En este artículo se realiza una revisión sobre los mecanismos de regulación del etileno, considerando: biosíntesis, señalización a través de receptores y factores de transcripción e interacción con otros reguladores; así como el potencial del etileno como blanco para una modulación por tecnologías de RNA interferente. El etileno se produce en forma autocatalítica en la maduración, y es regulado a nivel transcripcional por diversos componentes y receptores moleculares y, a nivel postranscripcional, por RNAs pequeños. Esto enfatiza el potencial del etileno como diana de tecnologías de silenciamiento génico y la aplicación de RNA exógeno para modular la maduración de frutos y prolongar su vida poscosecha sin modificación transgénica. Empero, su uso en manejo agrícola y poscosecha aún presenta retos científicos, técnicos y éticos para su implementación.

Palabras clave: silenciamiento génico, RNA interferente, silenciamiento postranscripcional, maduración.

Abstract

Ethylene is the primary regulator of ripening in climacteric fruits such as tomato, where its exponential production during ripening significantly affects the organoleptic characteristics of the product. This article presents a review of the mechanisms regulating ethylene action, including its biosynthesis, signaling through receptors and transcription factors, and interactions with other regulatory components, as well as the potential of ethylene as a target for modulation through RNA interference technologies. During ripening, ethylene is produced in an autocatalytic manner and is regulated at the transcriptional level by multiple molecular components and receptors, and at the post-transcriptional level by small RNAs. This highlights the potential of ethylene as a target for gene silencing approaches and for the application of exogenous RNA to modulate fruit ripening and extend postharvest shelf life without transgenic modification. However, the implementation of these strategies in agricultural and postharvest management still faces significant scientific, technical, and ethical challenges.

Keywords: gene silencing, RNA interference, post-transcriptional silencing, ripening.

Introducción

El etileno es una fitohormona gaseosa que desempeña un papel central en la regulación del desarrollo vegetal. En frutos climatéricos, esta hormona actúa como el principal regulador de la maduración, coordinando procesos fisiológicos y bioquímicos como el ablandamiento del tejido, el cambio de color, el desarrollo del sabor y aroma, y la reorganización metabólica del fruto. En contraste, en frutos no climatéricos el etileno cumple funciones moduladoras, participando en respuestas al estrés y en la senescencia, pero sin controlar de manera dominante el proceso de maduración. Debido a esta función diferenciada, el etileno es importante para el estudio de la maduración de frutos climatéricos y para el desarrollo de tecnologías de manejo poscosecha (Klee & Giovannoni, 2011).

Entre los frutos climatéricos, *Solanum lycopersicum* (tomate, también conocido como jitomate en algunas regiones de México) se ha establecido como un modelo experimental fundamental para el estudio de la maduración regulada por etileno. En tomate, la biosíntesis del etileno está mediada principalmente por las enzimas ACC sintasa (ACS) y ACC oxidasa (ACO), mientras que su percepción y señalización ocurren a través de una familia de receptores y una cascada molecular que involucra componentes como CTR1, EIN2, EIN3 y factores de transcripción ERFs. Esta vía coordina la expresión de genes responsables de los cambios estructurales y metabólicos característicos de la maduración. Desde una perspectiva aplicada, el control de esta ruta es de particular interés debido a su impacto directo en la vida de anaquel, las pérdidas poscosecha y la logística de distribución de frutos frescos (Gapper et al., 2014).

El manejo de la maduración y la poscosecha de frutos climatéricos se ha basado en estrategias como el control atmosférico, el uso de inhibidores de la acción del etileno o la selección de variedades con características de maduración modificadas. Sin embargo, estas aproximaciones presentan limitaciones en términos de eficiencia, costos, impacto ambiental o aceptación social. En este contexto, el avance en la comprensión de los mecanismos moleculares que regulan la acción del

etileno ha abierto la posibilidad de desarrollar nuevas estrategias de manejo más precisas.

El estudio de los RNAs no codificantes (ncRNAs) ha revelado que moléculas como los microRNAs (miRNAs) actúan como reguladores postranscripcionales en programas de desarrollo vegetal, incluida la maduración de frutos, modulando finamente la expresión de genes asociados a la biosíntesis, percepción y respuesta al etileno (Waterhouse & Hellens, 2015; Chen, 2009). En este contexto, los miRNAs, generados de manera artificial, han emergido como herramientas de silenciamiento altamente específicas, capaces de modular genes diana con precisión, ya sea mediante expresión estable o mediante estrategias de entrega exógena transitoria, lo que amplía su potencial para aplicaciones biotecnológicas en cultivos y poscosecha (Bravo-Vázquez et al., 2025).

El objetivo de este artículo es revisar los estudios sobre el desarrollo y la maduración del tomate en relación con los sistemas de percepción y síntesis de etileno, integrando la regulación genética a nivel postranscripcional asociada a ncRNAs, y analizar el potencial de estas vías como base para el desarrollo de estrategias biotecnológicas orientadas al manejo poscosecha de frutos climatéricos.

Método

Se realizó una revisión de literatura sobre fisiología, procesos de regulación del etileno y la maduración en tomate. Para la recopilación de los estudios se utilizó la plataforma Google Scholar. Los criterios de inclusión de estudios fueron: 1) Relevancia del etileno en la maduración de tomate; 2) Mecanismos de regulación postranscripcional del etileno; 3) Uso de tecnologías de silenciamiento genético en tomate.

Resultados

1. Cambios durante el desarrollo y maduración del tomate

El desarrollo del fruto de tomate se divide en tres fases: 1) División celular, 2) Expansión celular, y 3) Maduración. Durante la maduración ocurre la producción de etileno, que origina cambios que

definen la calidad del fruto. Entre ellos, cambio de color de verde a rojo por la acumulación de pigmentos carotenoides; el ablandamiento del tejido, por la degradación enzimática de la pared celular; y la modificación del sabor y aroma, dada por la degradación del almidón, la acumulación de azúcares, ácidos orgánicos y la síntesis de compuestos volátiles (Klee & Giovannoni, 2011).

2. Biosíntesis del etileno

La biosíntesis del etileno en plantas es catalizada por dos enzimas, la ACS y la ACO. La primera convierte la S-adenosilmetionina en ACC, que posteriormente es oxidado por la ACO para producir etileno, junto con dióxido de carbono y cianuro (Gapper et al., 2014). En frutos climatéricos como el tomate, la producción de etileno durante el desarrollo y la maduración se describe mediante dos sistemas. El Sistema 1 opera durante las fases tempranas del desarrollo y en tejidos vegetativos, produciendo bajos niveles de etileno de manera autoinhibitoria. La transición a la maduración está marcada por la activación del Sistema 2, el cual es autocatalítico y produce grandes cantidades de etileno que promueven los cambios de la maduración final (Barry et al., 2000). La regulación transcripcional de los genes de la biosíntesis del etileno es compleja. La caracterización de estos elementos reguladores es esencial para comprender el control preciso de la síntesis de etileno a lo largo de la maduración.

3. Percepción y señalización del etileno

Se han identificado siete receptores de etileno (ETR) en tomate, los cuales actúan como reguladores negativos de la vía de señalización del etileno en ausencia del ligando (Gapper et al., 2014). Entre ellos, los receptores *LeETR4* y *LeETR6* han sido señalados como componentes clave en la modulación del inicio de la maduración. En presencia de etileno, estas proteínas sufren degradación, lo que incrementa la sensibilidad del fruto a la hormona y permite la activación de la cascada de señalización que desencadena el proceso de maduración cuando se alcanza un umbral crítico en los niveles de los receptores (Kevany et al., 2007).

La cascada de señalización del etileno aguas abajo de los receptores involucra una serie de componentes conservados. La proteína *Constitutive Triple Response 1* (CTR1) actúa como un regulador negativo de la respuesta. La señal se transmite a través de *Ethylene Insensitive 2* (EIN2), una proteína integral de membrana, hacia el núcleo, donde *Ethylene Insensitive 3* (EIN3) y otros factores de transcripción similares a EIN3 (EILs) activan la expresión de una batería de *Ethylene Response Factors* (ERFs; Gapper et al., 2014). Los ERFs son los efectores finales que regulan directamente la expresión de genes responsables de los cambios fisiológicos asociados a la maduración.

Los factores de transcripción clave de maduración, codificados por los loci *RIN*, *NOR* y *CNR*, funcionan como reguladores maestros que interactúan con la vía del etileno, aunque poseen componentes de acción independientes a esta hormona. Los frutos de los mutantes *rin*, *nor* y *cnr* no completan la maduración normal y no responden a la aplicación exógena de etileno, lo que demostró que estos genes son necesarios para la competencia de maduración del fruto (Barry et al., 2000; Manning et al., 2006). Sin embargo, estos mutantes retienen la sensibilidad al etileno para regular un subconjunto de genes, lo que indica una interacción parcialmente independiente entre estas vías regulatorias (Yen et al., 1995; Thompson et al., 1999).

4. Regulación postranscripcional por RNA no codificante

Los ncRNAs han emergido como reguladores en diversos procesos biológicos. Dentro de este grupo, los miRNAs representan una clase de ncRNAs pequeños que regulan programas de desarrollo en plantas, incluida la maduración de los frutos (Chen, 2009).

En plantas, los miRNAs operan como parte de un complejo ribonucleoproteico que guía al miRNA hacia transcritos diana complementarios, provocando su corte o la represión de su traducción, en un mecanismo de regulación postranscripcional (Chen, 2009). Distintos perfiles de expresión de miRNAs se

han asociado con las diferentes etapas de la maduración del tomate.

Algunos ejemplos: miR156 regula factores de transcripción de la familia *SPL/SBP* implicados en el desarrollo temprano del fruto (Silva et al., 2014), mientras que miR157 actúa como regulador negativo de *LeSPL-CNR*, un activador positivo de genes de maduración como *LeMADS-RIN* y *LeHBI* (Chen et al., 2015). De manera más reciente, miR9474-5p ha sido identificado como un regulador negativo del avance de la maduración en tomate, ya que su sobreexpresión inhibe este proceso y altera de manera amplia la expresión génica y el splicing alternativo, afectando rutas asociadas al metabolismo de pigmentos, la formación del sabor y la transducción de señales hormonales (Zhao et al., 2025)

Adicionalmente, estudios que emplean la tecnología *Short Tandem Target Mimic* (STTM) han demostrado que la modulación de miRNAs específicos impacta directamente la vía del etileno. En particular, miR1917 regula al gen *SICTR4*, un componente de la señalización del etileno, y su interferencia altera tanto la síntesis como la respuesta a esta hormona durante el desarrollo y la maduración del fruto (Yang et al., 2020).

Los miRNAs ejercen su función regulando la expresión de genes en la biosíntesis y respuesta al etileno. Entre las dianas predichas y validadas se encuentran enzimas de la biosíntesis como la ACS y ACO (Zuo et al., 2012). Así, se ha reportado que el silenciamiento de *Sly-miR159* mediante STTM acelera la maduración precosecha del fruto de tomate al incrementar la expresión de *SlACS8*, pero al mismo tiempo retrasa la senescencia poscosecha, evidenciando que un mismo módulo regulador puede afectar de forma diferencial etapas consecutivas del desarrollo del fruto (Duan et al., 2025)

Por otro lado, el silenciamiento mediado por RNA interferente del gen de histona desacetilasa *SIHDT3* resultó en una reducción significativa de la expresión de genes biosintéticos de etileno (*ACS2*, *ACS4*, *ACO1*, *ACO3*) y de genes asociados a la maduración (*RIN*, *E4*, *LOXB*), reduciendo la acumulación de carotenoides y etileno (Guo et al., 2017). Estos reportes destacan el papel de los miRNAs como moduladores finos de la red genética del etileno y la maduración. Una representación integradora de las fases de desarrollo del fruto, la biosíntesis y señalización del etileno, así como su regulación postranscripcional por miRNAs, se muestra en la Figura 1.

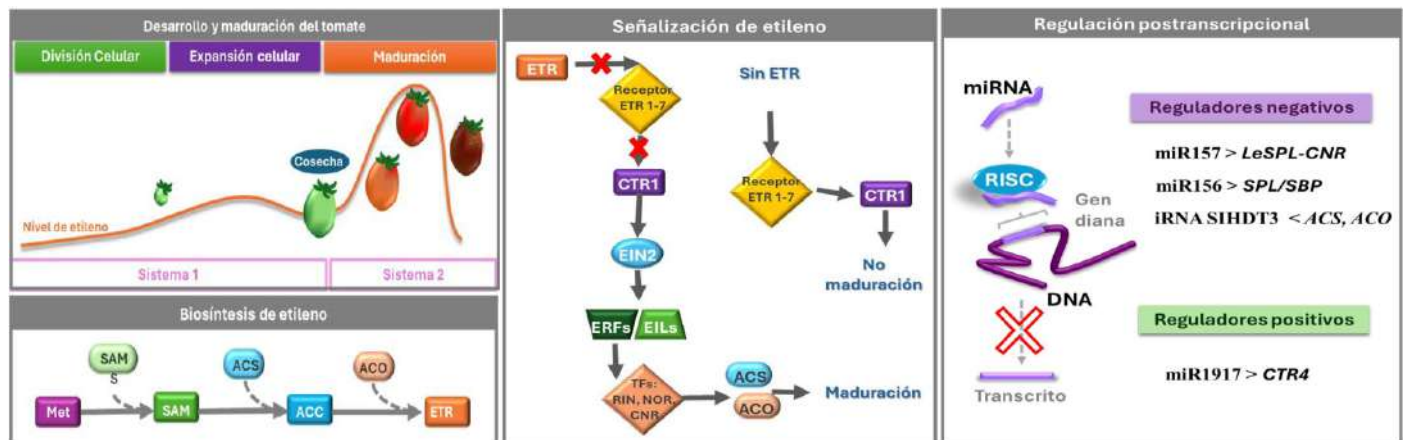


Figura 1. Modelo de la regulación de la maduración del tomate mediada por etileno y su control postranscripcional. Se muestran las fases del desarrollo del fruto y aumento en la producción de etileno durante la transición del sistema 1 al sistema 2. La biosíntesis del etileno ocurre a partir de metionina mediante la acción secuencial de ACS y ACO. La percepción del etileno a través de los receptores ETR activa una cascada de señalización. Adicionalmente, la regulación postranscripcional por microRNAs modula componentes clave de esta red, actuando tanto como reguladores negativos (por ejemplo, miR156 y miR157) como positivos (por ejemplo, miR1917), afinando la intensidad y temporalidad de la respuesta de maduración.

Cedillo-Jiménez et al. (2024) diseñaron y aplicaron moléculas de RNA de doble cadena (dsRNA) específicas para modificar la percepción del etileno en plántulas y frutos de tomate. Sus resultados demostraron que la aplicación exógena de un dsRNA diseñado a partir de la secuencia de miR1917 lograba silenciar su gen diana CTR4sv3, un regulador negativo de la percepción del etileno, y a la vez inducía un aumento en la expresión del gen biosintético ACO1. En plántulas, esto produjo el fenotipo clásico de "triple respuesta" al etileno (reducción de raíz e hipocótilo, formación de gancho), mientras que en frutos verdes maduros indujo cambios moleculares sin alteraciones fenotípicas visibles. Esta estrategia de "vacuna" de RNA mimetiza el efecto del silenciamiento génico endógeno por miR1917 sin emplear plantas transgénicas que puede ser relevante para tecnología de manejo poscosecha.

Discusión y conclusiones

El etileno actúa como la señal central que integra los procesos fisiológicos, bioquímicos y transcripcionales durante la maduración del tomate, un fruto climatérico modelo (Klee & Giovannoni, 2011). Su biosíntesis, coordina cambios como el ablandamiento, la pigmentación y el desarrollo del soma (Gapper et al., 2014). La existencia de mutantes revela la red donde el etileno es un componente necesario pero no único, interactuando con reguladores transcripcionales para desencadenar el programa de desarrollo y maduración completo (Barry et al., 2000). Esta integración de los niveles fisiológico, transcripcional y postranscripcional de la regulación del etileno durante la maduración del tomate se resume esquemáticamente en la Figura 1.

Además, los miRNAs son una segunda capa de control que opera a nivel postranscripcional. Estos modulan la expresión de clave de la vía del etileno. Esta capa de regulación añade precisión espaciotemporal, conectando señales de desarrollo con la activación específica de efectores de la maduración y permitiendo sincronización del proceso (Zuo et al., 2012; Guo et al., 2017). Enfoques no

transgénicos, como la aplicación exógena de dsRNA diseñado, mimetizan el silenciamiento endógeno y evitan las controversias asociadas a los organismos genéticamente modificados.

La comprensión y manipulación de estas vías regulatorias tiene implicaciones para la agricultura y el manejo poscosecha, pues la capacidad de retrasar o sincronizar la maduración mediante el silenciamiento de genes de la biosíntesis o percepción del etileno podría reducir las pérdidas, extender la vida comercial del fruto y mejorar la logística de distribución. Este conocimiento a aplicaciones prácticas enfrenta diversos retos. Científicamente, se requiere profundizar en la comprensión de las redes complejas de interacción entre miRNAs, sus genes diana y los factores de transcripción de la maduración. Es necesario optimizar los sistemas de entrega de RNA para garantizar eficiencia y estabilidad en condiciones agrícolas reales. Desde un punto de vista ético y regulatorio, la manipulación genética, incluso mediante métodos no transgénicos, debe considerar la evaluación de riesgos potenciales, como los efectos no intencionados en organismos no objetivo. Políticamente, el acceso equitativo a estas tecnologías y la existencia de marcos regulatorios son necesarios para su adopción responsable.

La evidencia recopilada muestra al etileno como el eje hormonal que coordina la maduración climatérica, y se identifica a los miRNAs como una capa que modula finamente esta red. Esta integración entre la vía clásica del etileno y la regulación por miRNAs abre diversas líneas de futuras. En el ámbito tecnológico, el desarrollo de herramientas no transgénicas. La investigación futura debe optimizar la eficiencia, estabilidad y seguridad de estos métodos de entrega para aplicaciones prácticas en campo y poscosecha.

Agradecimientos: El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación financiado por la Universidad Autónoma de Querétaro con el proyecto FIN202408. Agradecimientos al Centro de Investigaciones Aplicadas a Biosistemas.

Referencias bibliográficas

- Barry, C. S., Llop-Tous, M. I., & Grierson, D. (2000). The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. *Plant Physiology*, 123(3), 979–986. <https://doi.org/10.1104/pp.123.3.979>
- Bravo-Vázquez, L. A., Castro-Pacheco, A. M., Pérez-Vargas, R., Velázquez-Jiménez, J. F., & Paul, S. (2025). The emerging applications of artificial microRNA-mediated gene silencing in plant biotechnology. *Non-Coding RNA*, 11(2), 19. <https://doi.org/10.3390/ncrna11020019>
- Cedillo-Jiménez, C. A., Guevara-Gonzalez, R. G., & Cruz-Hernandez, A. (2024). Exogenous dsRNA sequence based on miR1917 downregulates its target gene related to ethylene signaling in tomato seedlings and fruit. *Scientia Horticulturae*, 331, 113090. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113090>
- Chen, X. (2009). Small RNAs and their roles in plant development. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 25, 21–44. <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.042308.113417>
- Chen, W., Kong, J., Lai, T., Manning, K., Wu, C., Wang, Y., Qin, C., Li, B., Yu, Z., Zhang, X., He, M., Zhang, P., Gu, M., Yang, X., Mahammed, A., Li, C., Osman, T., Shi, N., Wang, H., ... Hong, Y. (2015). Tuning LeSPL-CNR expression by SlymiR157 affects tomato fruit ripening. *Scientific Reports*, 5(1), 7852. <https://doi.org/10.1038/srep07852>
- Duan, W., Shan, S., Ye, X., Ni, S., Wang, Q., Zhang, Z., Meng, L., Zhu, L., Yang, J., Song, H., & Xu, X. (2025). Silencing Sly-miR159 accelerated preharvest ripening and delayed postharvest senescence of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 219, 113243. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113243>
- Gapper, N. E., Giovannoni, J. J., & Watkins, C. B. (2014). Understanding development and ripening of fruit crops in an 'omics' era. *Horticulture Research*, 1(1), 14034. <https://doi.org/10.1038/hortres.2014.34>
- Guo, J. E., Hu, Z., Li, F., Zhang, L., Yu, X., Tang, B., & Chen, G. (2017). Silencing of histone deacetylase SIHDT3 delays fruit ripening and suppresses carotenoid accumulation in tomato. *Plant Science*, 265, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.09.013>
- Kevany, B. M., Tieman, D. M., Taylor, M. G., Cin, V. D., & Klee, H. J. (2007). Ethylene receptor degradation controls the timing of ripening in tomato fruit. *The Plant Journal*, 51(3), 458–467. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03170.x>
- Klee, H. J., & Giovannoni, J. J. (2011). Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. *Annual Review of Genetics*, 45(1), 41–59. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-110410-132507>
- Lee, R. C., Feinbaum, R. L., & Ambros, V. (1993). The *C. elegans* heterochronic gene *lin-4* encodes small RNAs with antisense complementarity to *lin-14*. *Cell*, 75(5), 843–854. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(93\)90529-Y](https://doi.org/10.1016/0092-8674(93)90529-Y)
- Manning, K., Tör, M., Poole, M., Hong, Y., Thompson, A. J., King, G. J., Giovannoni, J. J., & Seymour, G. B. (2006). A naturally occurring epigenetic mutation in a gene encoding an SBP-box transcription factor inhibits tomato fruit ripening. *Nature Genetics*, 38(8), 948–952. <https://doi.org/10.1038/ng1841>
- Silva, G. F. F., Silva, E. M., Azevedo, M. S., Guivin, M. A. C., Ramiro, D. A., Figueiredo, C. R., Carrer, H., Peres, L. E. P., & Nogueira, F. T. S. (2014). microRNA156-targeted SPL/SBP box transcription factors regulate tomato ovary and fruit development. *The Plant Journal*, 78(4), 604–618. <https://doi.org/10.1111/tpj.12493>
- Thompson, A. J., Tor, M., Barry, C. S., Vrebalov, J., Orfila, C., Jarvis, M. C., Giovannoni, J. J., Grierson, D., & Seymour, G. B. (1999). Molecular and genetic characterization of a novel pleiotropic tomato-ripening mutant. *Plant Physiology*, 120(2), 383–390. <https://doi.org/10.1104/pp.120.2.383>
- Waterhouse, P. M., & Hellens, R. P. (2015). Coding in non-coding RNAs. *Nature*, 520(7545), 41–42. <https://doi.org/10.1038/nature14378>
- Yang, T., Wang, Y., Liu, H., Zhang, W., Chai, M., Tang, G., & Zhang, Z. (2020). MicroRNA1917-CTR1-LIKE PROTEIN KINASE 4 impacts fruit development via tuning ethylene synthesis and response. *Plant Science*, 291, 110334. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110334>
- Yen, H. C., Lee, S., Tanksley, S. D., Lanahan, M. B., Klee, H. J., & Giovannoni, J. J. (1995). The tomato Never-ripe locus regulates ethylene-inducible gene expression and is linked to a homolog of the Arabidopsis ETR1 gene. *Plant Physiology*, 107(4), 1343–1353. <https://doi.org/10.1104/pp.107.4.1343>
- Zhao, X., Li, F., Ji, Y., Li, X., & Zhang, X. (2025). MiR9474-5p regulatory function in tomato fruit development and ripening: Comprehensive transcriptomic analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 226, 113558. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2025.113558>
- Zuo, J., Zhu, B., Fu, D., Zhu, Y., Ma, Y., Chi, L., Ju, Z., Wang, Y., Zhai, B., & Luo, Y. (2012). Sculpting the maturation, softening and ethylene pathway: the influences of microRNAs on tomato fruits. *BMC Genomics*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-7>

Pedagogía académica de la enseñanza universitaria

Dr. Leoncio Baltazar Baltazar-Jiménez¹
Dr. José Antonio Cabello Gil²
M.A.C. Sara García Alcántara³
M. en A. María Isabel Almaraz Zárraga⁴

Resumen

El presente artículo tiene como propósito el impulso académico mediante la Pedagogía académica de la enseñanza universitaria como una herramienta académica que fortalezca el quehacer académico y provea la capacidad de generar propuestas que solucionen problemas del entorno. La Pedagogía académica de la enseñanza universitaria tiene su base teórica y metodológica en gran medida en la propuesta de Tobón (2016) en el esquema de que los trabajos socioformativos deben tener impacto en la sociedad y entorno de los estudiantes y la sociedad misma. La metodología es descriptiva de alcance transversal aplicada a 30 propuestas académicas mediante un muestreo estratificado. Los resultados confirman que la Pedagogía académica de la enseñanza universitaria tiene un impacto positivo en la generación de propuestas de solución de corte social destacándose mejoras en la solución de problemas en la comunidad. Se identifican retos en la reducción y manejo de costos y aprovisionamiento. Esta propuesta evidencia la importancia de integrar propuestas académicas socioformativas a fin de crear una cultura académica orientada a la solución de problemas y generación social de resultados.

Palabras clave: Pedagogía, universitaria, enseñanza, metodología, problemas sociales.

Abstract

The purpose of this article is to promote academic advancement through academic pedagogy of university teaching as an academic tool that strengthens academic work and provides the ability to generate proposals that solve problems in the environment. The theoretical and methodological basis of academic pedagogy of university teaching is largely based on Tobón's (2016) proposal that socio-educational work should have an impact on the society and environment of students and society itself. The methodology is descriptive and cross-cutting, applied to 30 academic proposals using stratified sampling. The results confirm that academic pedagogy of university teaching has a positive impact on the generation of proposals for social solutions, with notable improvements in problem-solving in the community. Challenges are identified in cost reduction and management and procurement. This proposal highlights the importance of integrating socio-educational academic proposals in order to create an academic culture oriented towards problem-solving and the social generation of results.

Keywords: Pedagogy, university, teaching, methodology, social problems.

¹ Doctor en Administración. Profesor investigador en la Universidad Tecnológica de Querétaro, México. lbaltazar@uteq.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-8579-1854>. Miembro del Cuerpo Académico Sustentabilidad y bien común en empresas e instituciones

² Doctor en Educación. Profesor investigador en la Universidad Tecnológica de Querétaro, México. Jose.cabello@uteq.edu.mx <https://orcid.org/0000-0002-3482-9242>

³ Maestra en Administración y Consultoría de Negocios. Profesora investigadora en la Universidad Tecnológica de Querétaro, México. sgargia@uteq.edu.mx <https://orcid.0009-0003-1492-8352>

⁴ Maestra en Administración. Profesora de la Universidad Tecnológica de Querétaro, México. isabel.almaraz@uteq.edu.mx. <https://orcid.0009-0008-0271-54362>

Introducción

Las instituciones educativas juegan un papel social preponderante al proveer a la sociedad del capital humano que formará parte de empresas y organizaciones públicas o privadas en un futuro (Cantú, 2018).

Los contenidos académicos que integran las currículas profesionales para las diferentes universidades son diseñadas por organismos propios de las diferentes instituciones de educación superior y acreditados y avalados por instituciones gubernamentales que asumen ese papel. Es un hecho que los contenidos curriculares de los diferentes programas educativos tienen como propósito formar a los estudiantes en los diferentes campos del conocimiento de las carreras profesionales que cursan. Sin embargo, es importante destacar que muchos de los conocimientos teóricos que forman parte de los programas carecen de un enfoque práctico orientado o encaminado a identificar o buscar soluciones prácticas que la sociedad y el entorno presentan. Para Espín, M. y Zambrano, P. (2018) el conocimiento adquirido como parte de la formación profesional debe ir en búsqueda de soluciones prácticas que tanto la sociedad como el entorno viven día con día. De acuerdo con Tobón (2010) los conocimientos y competencias adquiridas conforme a los diferentes asignaturas y programas de estudio no son un abstracto teórico sino que se trata de actuaciones que tienen los estudiantes para resolver problemas integrales del contexto con ética, idoneidad, y apropiación del conocimiento puesto en acción mediante las habilidades necesarias.

Las instituciones de educación superior son reconocidas socialmente por su capacidad de proveer al entorno profesionales en el aspecto técnico, tecnológico, acompañado de formación moral y ética con aspiraciones a la racionalidad social y acorde a un mundo coherente con enfoque de integración.

El esquema de vinculación de la sociedad con las universidades tiene su base en la capacidad que estas tienen para preparar estudiantes con los saberes y conocimientos teórico-prácticos en diferentes disciplinas y campos del conocimiento para solucionar problemas de las comunidades de las que forman parte. En este sentido, la formación

universitaria de los estudiantes y futuros profesionistas demanda la capacidad de abordar todo el aprendizaje de conocimientos y técnicas que las empresas y la sociedad requieren en términos geopolíticos, energéticos, humanísticos, socioeconómicos y tecnológicos para vincular a las universidades con la comunidad (KPMG, 2018).

Para Acosta (2017), Antezana y Adler (2017) la formación profesional de estudiantes en universidades debe tener un carácter incluyente, profesional, ético y dinámico.

Esto aduce que el papel de las universidades tiene fuertes implicaciones en el vida social y cultural de comunidades, toda vez que le impone al estudiante, la obligación de hacer frente a las necesidades y responsabilidades sociales vía sus capacidades y habilidades que le son conferidas para un ejercicio ciudadano (Acosta, 2017).

Uno de los problemas reales que enfrentan las universidades en la formación de estudiantes tiene que ver específicamente en la forma en que se ejecuta el proceso enseñanza-aprendizaje en el manejo curricular. En el esquema tradicional de enseñanza universitaria los contenidos de cada asignatura se imparten de forma independiente, se cumplen con los contenidos curriculares al final de cada curso, pero de forma aislada, por lo que se pierde la oportunidad de vincularse entre sí buscando aplicaciones prácticas y la solución de problemas vía el sentido colaborativo en la solución de problemas del entorno y el mundo que los rodea. La formación profesional actual del estudiante demanda un carácter holístico y con enfoque a la solución de problemas, la innovación y el desarrollo de nuevas propuestas.

La presente propuesta denominada Pedagogía académica de la enseñanza universitaria- es una estrategia didáctica que busca la vinculación y sentido académico de la currícula en el desarrollo asociativo de conocimientos en busca de soluciones sociales y del entorno basadas en la transversalidad de conocimientos y competencias de los estudiantes.

Por tanto, el presente trabajo busca identificar y cuantificar el impacto que la aplicación práctica de conocimientos confiere en la solución de problemáticas sociales y del entorno. La pregunta que guía a este trabajo de investigación es ¿en que grado

la aplicación práctica del conocimiento es capaz de resolver problemas del entorno?

Pedagogía académica de la enseñanza universitaria

La Pedagogía académica de la enseñanza universitaria adopta como principal fundamento el trabajo socio formativo expuesto por Tobón (2016), a través de éste se pretende desarrollar en los estudiantes competencias dentro de la estrategia enseñanza-aprendizaje en la solución de problemas del entorno, para ello establece metas en común y recurre al trabajo colaborativo como principal recurso de trabajo.

Con esta propuesta se pretende que el trabajo en las aulas apunte a prácticas cotidianas y regulares capaces de promover la formación integral de los estudiantes, de modo que éstos se capaciten para resolver los diversos problemas actuales y futuros en la vida personal, el entorno familiar, la comunidad y la sociedad en general, así como en la dinámica organizacional, económica, social, el ambiente ecológico y la problemática empresarial.

El Foro Mundial Económico⁵ (2025) reconoce que las habilidades que los estudiantes deben tener en el año 2030 son:

1. IA y Bigdata
2. Redes y ciberseguridad
3. Alfabetización tecnológica
4. Pensamiento creativo
5. Resiliencia
6. Curiosidad y aprendizaje continuo
7. Liderazgo e influencia social
8. Gestión del talento
9. Pensamiento analítico
10. Conciencia ambiental
11. Flexibilidad cognitiva
12. Resolución de problemas complejos

El ser humano es un ser biológico y cultural de manera indisoluble, es al mismo tiempo terrenal y cósmico, es social e histórico. La formación del ser humano conforma la cultura, pero la cultura define al

ser humano, de esta manera, no hay cultura sin educación y no hay educación sin cultura, la sociedad produce a los seres humanos que la conforman, pero a su vez, estos seres humanos generan la sociedad (Morin, 1999). De esta manera, sociedad y ser humano se vinculan de manera indisoluble.

El Enfoque Socioformativo Complejo (en adelante ESC) se basa en el pensamiento complejo desarrollado por Edgar Morin, y busca articular la educación bajo el enfoque por competencias con los procesos que vivimos en nuestra sociedad, económicos, políticos, técnicos, tecnológicos, ambientales, etc. (Tobón, 2006).

El ESC establece los intereses de los alumnos y los problemas de la comunidad como la base para el desarrollo de la didáctica del enfoque por competencias, para que el estudiante construya un proyecto ético de vida. Para ello, Tobón (2006) sugiere el método de proyectos como estrategia didáctica, que permita al alumno abordar problemas y situaciones reales de su entorno, posibilitando la generación de mejoras a procesos ya existentes, la generación de soluciones a problemas que aún no lo tienen, o bien mejorar las soluciones que ya existen para algunas situaciones de conflicto.

La educación tradicional ha fraccionado mediante la formación profesional del ser humano en asignaturas que aborda de manera parcial e independiente, la solución de problemas y el aporte de conocimientos. La Pedagogía académica de la enseñanza universitaria propone la integración de todos los elementos que constituyen un problema situado en la realidad del alumno asociado y vinculado al total de la currícula académica. Propuestas como la de Diaz Barriga (2006), coinciden con la Pedagogía académica de la enseñanza universitaria en que el aprendizaje debe darse en contextos específicos, y sugiere la participación en prácticas sociales reales. Bajo el concepto de aprendizaje significativo de Ausubel (1976) y el enfoque sociocultural vigotskiano (Vygotski, 1986), algunas de las estrategias didácticas que se destacan son: aprendizaje centrado en la solución de problemas reales, el método de proyectos

⁵ World Economic Forum –Agenda Semanal. Las habilidades de los estudiantes en el 2030.

y las prácticas o aprendizajes situados en escenarios reales (Díaz Barriga, 2003).

Es por ello, que la presente propuesta se basa en los proyectos formativos que establece el ESC propuesto por el Dr. Sergio Tobón, como una estrategia que permita generar soluciones de impacto social en el entorno de nuestros alumnos en el esquema universitario, además de estar alineados a nuestro enfoque por competencias de carácter profesional e institucional.

El esquema convencional de educación corresponde al modelo teórico de gestión del conocimiento, es decir el conocimiento tácito de profesores se convierte en conocimiento explícito cuando es transferido a los estudiantes conforme a los programas de estudio y sus contenidos, de manera regular se evalúa el aprendizaje teórico de los estudiantes más allá de la aplicación en cuestiones prácticas.

Hoy sabemos que la principal fortaleza del quehacer de las Universidades se encuentra fuertemente relacionada con los siguientes aspectos:

- a) El fortalecimiento del proceso formativo de alumnos en la solución de problemas sociales y empresariales del mundo real.
- b) La innovación del proceso enseñanza-aprendizaje.
- c) El desarrollo de la innovación, la creatividad y el espíritu emprendedor.

Metodología

La metodología para este trabajo es descriptiva de alcance transversal, se estudia a 30 grupos de estudiantes conformados por 4 alumnos cada grupo, todos ellos matriculados en una universidad pública del Municipio de Querétaro con más de 15 años de antigüedad. El horizonte temporal corresponde a los meses de septiembre, octubre, noviembre y medio mes de diciembre de 2025.

Para este trabajo se recurre como hecho social al sentido práctico que tienen las diferentes asignaturas en un currículo académico más allá del aspecto teórico con el que regularmente se trabaja limitando su aplicación práctica en problemas del entorno. Para Martínez, Roa y Viscarra (2025) las instituciones de

educación superior enfrentan el reto de formar y preparar personas integrales con capacidad y sentido de atender las problemáticas sociales contribuyendo de este modo al desarrollo sostenible. El paradigma que adopta el trabajo en su desarrollo tiene un carácter socioconstructivista acompañado del método interpretativo, enfoque cualitativo y un fuerte carácter documental.

El trabajo aspira a conocer la forma, alcances e implicaciones que las instituciones públicas de educación superior pueden alcanzar mediante el ejercicio y aplicación del esquema socio formativo vinculado a sus diferentes programas de estudio.

El trabajo aspira al estudio de la unidad de análisis bajo el esquema de caso cerrado (Estudio de caso) por lo que asume su problemática global privilegiando las variables de estudio, así como relaciones que pudiera tener con el contexto (Creswell, 2003). Este tipo de esquema de trabajo no limita la generalización de resultados. La naturaleza y tipo de investigación propuesta facilita el desarrollo inductivo de una teoría ya que permite la posibilidad de cuantificar la situación y el estado que guarda el trabajo socio formativo entre los alumnos de instituciones públicas de educación superior en Querétaro, México. De igual forma este esquema de trabajo permite lograr el desarrollo deductivo a través de la caracterización de la institución de educación superior y la forma en que este tipo de instituciones responden a los trabajos socio formativos entre los alumnos.

La institución elegida como objeto de estudio se caracteriza por un fuerte arraigo en el Municipio de Querétaro con una antigüedad superior a los 15 años, el principal enfoque de la institución es de carácter tecnológico. Dicha institución es ampliamente reconocida por empresas en parques industriales por ser un proveedor importante de capital humano, su matrícula asciende a los 3,000 estudiantes por periodo.

La operacionalización del trabajo socio formativo esta basada en el Modelo pedagógico de Tobón (2006), para ello los grupos de estudiantes seleccionados para este trabajo son aquellos que cursan su tercer cuatrimestre, esto se debe a que ya han cursado varias asignaturas que les permitirá desarrollar proyectos de impacto social. A continuación, se presenta el modelo curricular cursado hasta el tercer cuatrimestre.

Figura 1. Programa educativo cursado



Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta está planteada para los tres primeros cuatrimestres o semestres, iniciando con estudiantes de nuevo ingreso. En el primer cuatrimestre se trabaja en la identificación de problemáticas (de los ámbitos social, técnico, tecnológico económico, etc.) las cuales deben quedar debidamente expresadas y fundamentadas en un documento con el que cierra el primer entregable. En el segundo cuatrimestre se fortalece la propuesta usando técnicas de investigación y escritura, esta segunda etapa concluye con un protocolo de investigación y de trabajo. El tercer cuatrimestre concluye con el diseño de un plan de o protocolo de trabajo, al cierre de ésta última etapa se trabaja en la búsqueda de alianzas con otros alumnos de otros programas educativos cuya finalidad será construir un trabajo de carácter multidisciplinario.

A lo largo de los tres cuatrimestres o semestres que contempla el Modelo, los diferentes equipos de trabajo son acompañados por un tutor de proyecto (el cual va rotando de un cuatrimestre a otro), las principales asignaturas que dan soporte a nivel de fundamento teórico son: Expresión Oral y Escrita, Informática, Matemáticas, Administración de las Organizaciones, Estadística, Metodología de la Investigación, Mercadotecnia y Administración Financiera.

Los equipos de trabajo conformados por estudiantes podrán optar por dos opciones en las que identificarán en primera instancia las problemáticas de tipo social o en su caso empresarial, el trabajo socio formativo guiado por profesores los impulsará a generar soluciones que ofrezcan soluciones al contexto.

En la figura 2 se muestra la opción que los alumnos pueden elegir tratándose de la búsqueda y solución de problemáticas de carácter social.

Figura 2. Esquema de problemas sociales



Fuente: Elaboración propia

Bajo este esquema los grupos estudiantiles buscan identificar problemas sociales y medioambientales que estén afectando su entorno y contexto social. La idea es que una vez identificados los problemas se trabaje en la propuesta de soluciones prácticas al amparo de los conocimientos obtenidos en sus primeros tres cuatrimestres y con la guía de profesores responsables de guiar proyectos.

En la figura 3 se muestra el esquema de trabajo para la identificación y propuesta de soluciones de carácter empresarial.

Figura 3. Esquema de problemas de innovación y mejora empresarial



Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta está planteada para los tres primeros cuatrimestres o semestres según sea el caso, iniciando con alumnos de nuevo ingreso. En el primer cuatrimestre o semestre se trabaja en la identificación de problemáticas (de los ámbitos social, económico,

etc.) las cuales deben quedar debidamente expresadas y fundamentadas en un documento con el que cierra el primer entregable. Las asignaturas genéricas que corresponden a cada bloque se agrupan destacando la aportación que cada una de ellas tiene para la etapa que corresponde según sea el caso.

Es importante destacar que cada grupo de estudiantes cuenta con un profesor que funge como guía y orientador de proyecto.

Resultados

El proyecto Pedagogía académica de la enseñanza universitaria se encuentra en una etapa media de desarrollo, se requiere de la autorización oficial de parte de la universidad para que le de cabida al esquema de trabajo institucional. En una primera etapa piloto se generaron 9 proyectos de corte empresarial, 11 proyectos de soluciones organizacionales y 10 proyectos de soluciones sociales (de corte medioambiental). Los proyectos han participado en diferentes concursos a decir Premio de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Querétaro en el que 3 proyectos participaron en la etapa estatal obteniendo 1er lugar y 2o. lugar en diferentes categorías, esto les dió la oportunidad de participar en la etapa nacional.

De los 30 proyectos realizados se dispone de un repositorio que los alberga a fin de dar cuenta del trabajo socioformativo y dar seguimiento o considerar como referencia en un futuro.

A nivel de aportes se puede decir que este esquema de trabajo ha permitido dar cuenta del valor que cobra el trabajo colaborativo y socioformativo en el desarrollo de proyectos aplicados a la solución de problemas del entorno, innovación y desarrollo empresarial haciendo uso de las currículas académicas enfocadas a ello, situación que cobra relación con la propuesta de Tobón (2016).

Como cualquier proyecto que inicia siempre se presenta resistencia tanto de alumnos como de profesores que se resisten a la adopción del modelo tal como lo indican Martínez, Roa y Viscarra (2025).

Se confirma lo establecido por (Díaz Barriga, 2003) en el sentido de que el aprendizaje centrado en la

solución de problemas reales, además de resolver problemáticas del contexto aporta aprendizajes situados en escenarios reales.

Conclusiones

La articulación de saberes como elemento base en la solución de problemas del entorno mediante la articulación curricular de conocimientos de diferentes asignaturas traducidos todos en proyectos socioformativos que le permiten al estudiante apropiarse de conocimientos no de forma lineal sino de manera más práctica y activa.

A nivel de conclusiones se obtuvieron las siguientes:

1. Es la vinculación y articulación activa de los contenidos de las asignaturas las que facilitan la solución de problemas o iniciativas de la vida real.
2. Es tarea del docente la vinculación de contenidos y el enfoque a soluciones proactivas la que impone una nueva visión al estudiante respecto a indagar y buscar problemas del contexto susceptibles de adoptarse y desarrollarse conforme a las bases académicas de su plan curricular.
3. La taxonomía socioformativa requiere de la colaboración proactiva no solo de los estudiantes sino también de los docentes, el guía de proyectos, así como en la motivación para desarrollarlos.
4. El desarrollo y resultado de proyectos requiere de una metodología bien articulada que sirva de guía no solo a estudiantes sino también a docentes y demás actores que participan.
5. Este tipo de trabajos y proyectos contribuye a la vinculación anticipada de estudiantes con empresas y organismos para abordar actividades que requieren solución o mejora.
6. El esquema metodológico y la documentación correspondiente aún requiere de mejoras que le aporten fortaleza y solidez en su proceso de desarrollo, por lo que abre las puertas para futuras investigaciones.

Referencias bibliográficas

- Acosta, L.A., Becerra, F.A. y Jaramillo, D. (2017). Sistema de 10(2), 103-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-5006201700020001>
- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa*. México: Trillas.
- Cantú-Martínez, P.C. (2018). Profesorado universitario: emisor de valores éticos y morales en México. *Revista Educación*, 42(1), 108-120. Recuperado: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44051918009>
- Creswell, J. (2003). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. California. E.U.A.: Sage Publications.
- Díaz Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Foro Mundial Económico (2025). Consultado en <https://es.weforum.org/meetings/world-economic-forum-annual-meeting-2025/#:~:text=Reunión%20Anual%20del%20Foro%20Económico%20Mundial&text=La%20Reunión%20Anual%202025%20convoca,transición%20energética%20justa%20e%20inclusiva>.
- KPMG. (2018). *Desarrollo sostenible en México: KPMG Cárdenas Dosal*. Recuperado de <https://appclients.kpmg.com.mx/SistemaEncuestas/Documents/Estudio-Desarrollo-Sostenible-en-Mexico2018.pdf>
- Martínez, J., Roa R., Viscarra, F. (2025). Modelo educativo socioformativo para el desarrollo social sostenible en educación superior. *Revista Tecnológica- Educativa Docentes 2.0*. No. 1. Vol. 18.
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. México: UNESCO.
- Tobón, S. Pimienta J. Y García J. (2010). *Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*. Ed. Pearson.
- Tobón, S. (2006). *Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica (Segunda ed.)*. México: ECOE.
- Tobón, S., Cardona, S., Vélez, J. (2016). Contribución de la evaluación socioformativa al rendimiento académico de pregrado. *Educar*. Vol. 52, No. 2, pp 423-337
- Tobón, S., Pimienta, P., García, F. (2010). *Secuencias Didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*. Editorial Pearson. México.
- Vygotsky, L. (1986). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.

Agroecología como alternativa frente al modelo agroindustrial global

Cedillo-Jiménez Christopher Alexis^{1,2}, Lobato Cruz Pedro Gilberto³, Arteaga Reséndiz Ana María⁴, Naranjo Valdés Medardo⁵, Rico García Enrique⁶, Rosalía Virginia Ocampo Velázquez^{6*}

¹ Departamento de comunicación de la ciencia, MotusLab, Querétaro, México.

² Tecnológico Nacional de México, Campus Querétaro Unidad Cadereyta, México.

³ Sistema de Bachillerato en Línea de la Secretaría de Educación Pública. Unidad Popular Autónoma de Veracruz, México.

⁴ Escuela de Bachilleres Campus Amazcala, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

⁵ Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba.

⁶ Centro de Investigaciones Aplicadas en Biosistemas, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Correspondencia: rosalia.ocampo@uaq.mx

Resumen

Los sistemas alimentarios actuales expresan tensiones entre productividad, salud pública, sostenibilidad ecológica y justicia social. El objetivo de este trabajo fue analizar el alcance de la agroecología como enfoque para repensar dichos sistemas, en contraste con el modelo agroindustrial, a partir de dimensiones vinculadas con nutrición, salud del suelo, soberanía alimentaria, resiliencia climática y justicia social. En este artículo de revisión se consideró literatura académica e informes técnicos publicados entre 2021 y 2026. Los resultados sugieren que el modelo agroindustrial se asocia con una alta dependencia de insumos externos, expansión de alimentos ultraprocesados, degradación ambiental y concentración corporativa, mientras que la agroecología contribuye a la salud del suelo, la diversidad biológica, la calidad nutricional de los cultivos y procesos de fortalecimiento comunitario vinculados con la soberanía alimentaria y la resiliencia climática. Asimismo, se identificó que la agroecología integra prácticas contemporáneas y tradicionales, incluyendo policultivos, reciclaje de materia orgánica, intercambio de semillas y revalorización de saberes locales. Se concluye que la agroecología constituye un marco pertinente para discutir transiciones alimentarias sostenibles, aunque su implementación enfrenta retos técnicos, políticos y de escalamiento.

Palabras clave: ultraprocesados, desigualdad, nutrición, cambio climático, soberanía alimentaria.

Abstract

Current food systems reflect tensions among productivity, public health, ecological sustainability, and social justice. The aim of this study was to analyze the scope of agroecology as an approach to rethink these systems, in contrast to the agro-industrial model, based on dimensions related to nutrition, soil health, food sovereignty, climate resilience, and social justice. This review article considered academic literature and technical reports published between 2021 and 2026. The findings suggest that the agro-industrial model is associated with a high dependence on external inputs, the expansion of ultra-processed foods, environmental degradation, and corporate concentration, whereas agroecology contributes to soil health, biological diversity, the nutritional quality of crops, and community-strengthening processes linked to food sovereignty and climate resilience. The review also identified that agroecology integrates both contemporary and traditional practices, including polycultures, organic matter recycling, seed exchange, and the revaluation of local knowledge. It is concluded that agroecology constitutes a relevant framework for discussing sustainable food transitions, although its implementation still faces technical, political, and scaling challenges.

Keywords: ultra-processed foods, inequality, nutrition, climate change, food sovereignty.

Introducción

El sistema alimentario contemporáneo enfrenta una crisis multidimensional que se caracteriza por una desconexión entre la producción agrícola, salud humana, sostenibilidad ecológica y justicia social. Los sistemas alimentarios, entendidos como entramados complejos que integran varias etapas (producción, procesamiento, distribución y consumo), han quedado subordinados a un modelo agroindustrial que prioriza el rendimiento económico y calórico por encima de la integridad ecológica, social y cultural de los alimentos.

Este proceso se articula con la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de suelos y aguas, y la precarización del trabajo agrícola, configurando una crisis que es simultáneamente sanitaria, ecológica y social.

En las últimas décadas, la transición nutricional ha contribuido a agudizar problemas de salud pública global caracterizada por el aumento en el consumo de alimentos ultraprocesados y el desplazamiento de dietas tradicionales basadas en alimentos frescos y locales. Este proceso también contribuye a la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de suelos y aguas, así como a la precarización del trabajo agrícola, por lo que sus efectos se expresan en los planos sanitario, ecológico y social. En contraste, la agroecología se plantea como un enfoque estructural, económico, tecnológico y político que incide en la nutrición al interior del sistema alimentario en su conjunto (Ewert et al., 2023)

Ante este escenario, la agroecología no atiende únicamente principios técnicos o alternativas a los sistemas preponderantes; también supone un paradigma científico-social capaz de articular la resiliencia climática con la seguridad alimentaria. Si bien autores como Altieri (1999) establecieron las bases de la agroecología como la aplicación de conceptos ecológicos al diseño de sistemas agrícolas, el enfoque actual ha evolucionado significativamente. Lindemann et al., (2025) subrayan que la agroecología ha sido planteada como una vía relevante hacia la justicia alimentaria,

proporcionando un marco integral para la transición hacia sistemas que conserven la biodiversidad, garanticen una nutrición densa y culturalmente adecuada.

En este marco, la agroecología es un enfoque integral que implica reconocer la diversificación productiva, el reciclaje de biomasa y ciertas estrategias de agricultura de conservación, como prácticas históricas y territorializadas, entre ellas el cultivo en traspatio, el policultivo, el intercambio de semillas y la revalorización de saberes agrícolas. En el caso de México, estos sistemas tradicionales siguen siendo relevantes por su contribución a la biodiversidad, la resiliencia productiva y la nutrición local (FAO, 2024).

El objetivo de este trabajo es analizar la viabilidad de la agroecología como eje para problematizar los sistemas alimentarios contemporáneos, contrastando el impacto del modelo agroindustrial frente a alternativas agroecológicas en términos de salud pública, nutrición, ecología del suelo, soberanía alimentaria, resiliencia climática y justicia social. A través de una revisión documental, se busca analizar cómo las prácticas agroecológicas se vinculan con la calidad alimentaria, la salud del suelo y procesos comunitarios asociados con la salud pública.

Método

Se realizó una revisión documental estructurada con enfoque descriptivo y analítico, tomando como base la propuesta metodológica de Snyder (2019) para la organización, selección y análisis de literatura científica. La búsqueda se desarrolló en ScienceDirect, Redalyc, SciELO y Google Scholar mediante descriptores bilingües combinados con operadores booleanos, entre ellos “Agroecología” “Agroecology”, “Sistemas alimentarios” “Food systems”, “Ultraprocesados” “Ultra-processed foods” y “Salud pública” “Public health”. Se consideraron publicaciones del periodo 2021–2026 con pertinencia temática para el análisis de la relación entre agroecología, modelo agroindustrial, nutrición, salud pública, suelo, soberanía alimentaria y resiliencia climática.

Se incluyeron artículos de investigación, revisiones, informes técnicos de organismos internacionales y libros académicos.

La información seleccionada se examinó mediante una matriz de síntesis temática orientada a contrastar a) implicaciones del modelo agroindustrial en salud pública y nutrición, b) efectos de las prácticas agroecológicas sobre suelo y calidad de nutrientes y c) vínculos entre agroecología, soberanía alimentaria, resiliencia climática y justicia social.

Resultados

Los resultados se estructuraron en tres bloques:

- El modelo agroindustrial y su impacto en la salud pública (punto 1 a 4)
- La influencia de los sistemas agroecológicos en el suelo y la acumulación de nutrientes en cultivos (punto 5 a 8)
- Relación de la agroecología con la soberanía alimentaria, resiliencia climática y justicia social (punto 9 a 11)

1. El predominio del modelo agroindustrial y el productivismo

La producción agrícola en México combina esquemas extensivos a cielo abierto y modalidades de agricultura protegida. De acuerdo con el Censo Agropecuario 2022, en el país había 30,179 unidades de producción con agricultura protegida, que en conjunto abarcaron 77,417 hectáreas; dentro de este sistema, predominan instalaciones de invernadero y malla sombra. En el mismo periodo censal, entre los cultivos con mayor presencia en agricultura protegida destacaron jitomate, pepino, chile, fresa, manzana, zarzamora y arándano, mientras que a cielo abierto se reportó una producción de 10.4 millones de toneladas de las principales hortalizas del país. Las enfermedades no transmisibles continúan representando una carga sanitaria mayor a escala mundial: la Organización Mundial de la Salud señala que en 2021 causaron al menos 43 millones de muertes, equivalentes al 75% de las defunciones no asociadas a pandemia (INEGI, 2023; WHO, 2025). Por ello, el análisis de los sistemas alimentarios resulta pertinente para discutir cómo los modelos de

producción, distribución y consumo se articulan con la calidad de la dieta, la disponibilidad de alimentos frescos y la sostenibilidad de los territorios.

Este sistema agroindustrial se caracteriza por la producción a gran escala, el uso intensivo de capital y tecnologías químicas, y una fuerte dependencia de insumos externos. Ume et al. (2022) reportan que las agencias internacionales y los gobiernos han impulsado este modelo bajo la premisa de que la intensificación basada en insumos industriales es la solución a la malnutrición, promoviendo dietas ricas en calorías, pero deficientes en nutrientes. Esta lógica ha desplazado las dietas tradicionales en favor de productos comprados y procesados que se desvinculan de los contextos locales, fenómeno a menudo descrito como "comida de ninguna parte" (*food from nowhere*).

2. Problemáticas de nutrición y alimentos ultraprocesados

La industrialización ha fomentado una transición nutricional donde predominan los alimentos ultraprocesados, con altos contenidos de sal y bajos niveles de micronutrientes. Zhu et al. (2024) destacan que los sistemas actuales favorecen el rendimiento calórico por encima de la densidad nutricional, lo que ha exacerbado problemas de salud como la obesidad a nivel global. Además, en regiones vulnerables, este modelo no ha logrado erradicar la malnutrición: por ejemplo, el 23% de los hogares rurales en el África subsahariana siguen afectados por la persistencia de malnutrición a pesar de la adopción de estrategias industriales para la producción de alimentos.

3. Degradación ambiental y ecotoxicología

La dependencia excesiva de agroquímicos ha generado problemas severos a nivel ecológico que afectan la salud del suelo y del agua. Perez-Vazquez et al. (2024) señalan que aproximadamente el 70% de los residuos de pesticidas terminan depositados en el suelo, lo que compromete la productividad a largo plazo y daña a los microorganismos beneficiosos.

En este contexto, Vermeire et al. (2024) sugieren que el uso de prácticas industriales y ciertos fertilizantes derivados de desechos puede introducir

contaminantes peligrosos en el ecosistema, tales como metales pesados, residuos farmacéuticos y microplásticos, estos últimos considerados contaminantes emergentes que alteran la ecología del suelo. Asimismo, la expansión de la frontera agrícola industrial hacia ecosistemas frágiles como los bosques boreales contribuye a la pérdida masiva de biodiversidad y a la degradación de servicios ecosistémicos esenciales.

4. Concentración de poder y desigualdades socioeconómicas

El modelo agroindustrial ha consolidado el poder en un porcentaje reducido de corporaciones transnacionales que controlan las semillas, las tecnologías y el procesamiento de alimentos. Montenegro de Wit (2022) sostiene que esta concentración de poder epistémico y económico crea "cierres" tecnológicos que marginan las innovaciones locales y el conocimiento indígena.

A nivel laboral, el sistema suele sustentarse en la explotación, particularmente de trabajadores migrantes que operan bajo condiciones de "trabajo no libre" y precariedad extrema. Ume et al. (2022) añaden que este modelo ignora las actividades de reproducción social y el trabajo no remunerado, afectando desproporcionadamente a las mujeres, quienes realizan gran parte del trabajo agrícola, además de trabajo doméstico y de cuidado dentro de los espacios de siembra, ejerciendo una doble labor, pero tienen escaso control sobre las decisiones nutricionales o el acceso a la tierra.

5. Los microorganismos como soporte ecológico de la producción agrícola

Los microorganismos son los componentes más prometedores y, a menudo, menos conocidos del agroecosistema. Vermeire et al. (2024) sugieren que los microbios del suelo actúan como "pequeños ayudantes de granja" (*little farmhands*), proporcionando servicios que incluyen la promoción del crecimiento vegetal, el suministro de nutrientes, la tolerancia a estrés ambiental y la protección contra patógenos. Estos organismos son responsables de funciones críticas como la descomposición de la

materia orgánica y el mantenimiento de la red alimentaria del suelo.

6. Salud del suelo y reproducción física

La salud del suelo en la agroecología se basa en regenerar sus propiedades en lugar de explotarla mediante insumos sintéticos. Bezner Kerr et al. (2022) destacan que el enfoque agroecológico mejora la salud edáfica y favorece la biodiversidad al utilizar prácticas como el acolchado de materia orgánica (*mulching*), la integración de cultivos y ganado, la agroforestería y el compostaje. Por su parte, Ume et al. (2022) argumentan que la "reproducción física" del suelo es esencial para la producción continua; el proceso de reciclar o mantener las condiciones iniciales del suelo es lo que permite una producción económica sostenida a largo plazo.

7. Acumulación y calidad de nutrientes

La capacidad del suelo para acumular y transferir nutrientes a las plantas depende directamente de su manejo biológico y la diversidad del paisaje. Zhu et al. (2024) señalan que los granos cultivados en granjas insertas en paisajes diversos, con suelos más saludables, tienden a presentar concentraciones más altas de micronutrientes clave en comparación con los granos producidos en paisajes simplificados. Asimismo, prácticas como la rotación de cultivos y el intercultivo de leguminosas mejoran significativamente el uso del agua y los niveles de nutrientes en el suelo.

8. Retos en la transición agroecológica y riesgos toxicológicos

A pesar de los beneficios, existen desafíos técnicos en la gestión de nutrientes. Wu et al. (2024) indican que el déficit de nitrógeno representa el reto más difícil para un sistema alimentario altamente orgánico y circular, ya que el nitrógeno es el único impacto que no siempre puede remediarse solo con la reducción de desechos o piensos, requiriendo un reciclaje de nutrientes muy eficiente. Además, Perez-Vazquez et al. (2024) explican que el uso excesivo de fertilizantes químicos en el modelo convencional daña a los microorganismos beneficiosos, lo que hace necesaria la aplicación de herramientas como la

biorremediación para restaurar la capacidad biológica de los suelos contaminados.

Incluso dentro de las prácticas basadas en la ecología, existen precauciones necesarias. Vermeire et al. (2024) advierten que el reciclaje de ciertos productos de desechos orgánicos (como lodos industriales) y el uso de biopesticidas pueden plantear riesgos para los microorganismos no objetivo si no se controlan estrictamente, lo que subraya la necesidad de definir indicadores claros de un microbioma del suelo saludable.

9. Soberanía alimentaria

La agroecología es relevante para el derecho de los pueblos a definir sus propios sistemas agrícolas y alimentarios. Norton (2024) sugiere que la agroecología se alinea con este principio al descentralizar el control sobre la producción y distribución de alimentos, empoderando a las comunidades locales y reduciendo su dependencia de las cadenas de suministro globales. Este enfoque promueve la autonomía mediante el intercambio de semillas tradicionales y la creación de mercados locales que protegen a los hogares rurales de la volatilidad de los regímenes corporativos. Asimismo, el fortalecimiento del conocimiento local y la participación de los productores en la toma de decisiones son esenciales para que las comunidades recuperen el control físico y político de sus territorios.

10. Resiliencia climática

Frente a la crisis climática, la agroecología ofrece estrategias de adaptación basadas en la salud de los ecosistemas y la diversidad biológica. Ume et al. (2022) destacan que existe una correlación directa entre la adopción de múltiples prácticas agroecológicas como el policultivo, la integración de cultivos y ganado, y la agroforestería, y el nivel de seguridad alimentaria que experimentan los agricultores frente a eventos climáticos adversos. Prácticas como el reciclaje de materia orgánica y la cobertura del suelo mejoran la dinámica del agua y los nutrientes, permitiendo que los sistemas agrícolas mantengan su funcionamiento ante sequías o inundaciones. Al imitar los procesos naturales, estos sistemas no solo reducen la vulnerabilidad, sino que

también contribuyen a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono en los suelos y árboles.

11. Justicia social

La agroecología no solo aborda la producción técnica, sino que puede entenderse como un proyecto de transformación social que circula a contracorriente de las estructuras de poder desiguales. Bezner Kerr et al. (2022) argumentan que el enfoque agroecológico fomenta formas de trabajo dignas, promoviendo la equidad para los grupos históricamente marginados. Un componente crítico es la justicia de género; la agroecología reconoce el papel central de las mujeres en la agricultura y busca abordar las disparidades en el acceso a la tierra y los recursos. Además, a través de la educación popular y la investigación-acción participativa, se busca "romper las cercas del conocimiento", valorando los saberes indígenas y campesinos frente a la hegemonía de la ciencia industrial.

Estos procesos además generan acciones de reconfiguración del entorno social, llevando a la recuperación del diálogo intergeneracional, retejiendo la sociedad para que esta a su vez construya de forma horizontal y colectiva acciones ante la adversidad de las violencias históricas y sistémicas (Mendes Pontes et al., 2023). En otras palabras, estos procesos contribuyen a recuperar la agencia, entendida como la capacidad de decidir y actuar sobre el propio entorno.

En conjunto, los reportes relativos a soberanía alimentaria, resiliencia climática y justicia social sugieren que la agroecología excede el plano técnico-productivo y se proyecta como un enfoque con implicaciones territoriales, sociales y de política pública. Lo anterior permite situar la discusión en marcos más amplios de transición sustentable, en particular por su afinidad con objetivos vinculados a hambre cero, salud y bienestar, igualdad de género, producción y consumo responsables, acción por el clima y vida de ecosistemas terrestres. En el contexto mexicano, esta articulación también dialoga con agendas orientadas a soberanía alimentaria, sustentabilidad y fortalecimiento comunitario, por lo que su análisis resulta pertinente para discutir aportes

potenciales de la agroecología a prioridades nacionales de investigación e intervención.

Discusión y conclusiones

La agroindustrialización se ha presentado como una respuesta predominante al problema del acceso a alimentos; sin embargo, sin que ello se haya traducido de manera suficiente en un acceso generalizado a alimentos variados y de calidad para amplios sectores de la población. En cambio, ha presentado problemáticas como la contaminación de los recursos naturales, la dependencia a los agroquímicos y acciones de monocultivo que han dado como resultado la falta de una variabilidad de productos alimenticios.

Por otro lado, estas prácticas también se han asociado con formas de trabajo precario y con relaciones laborales profundamente desiguales dentro de la producción agroindustrial, que, aunque reciben un pago, este no les permite el acceso a los propios alimentos que producen ya que los precios en los espacios de venta final son inasequibles.

Frente a estas situaciones, que han llevado a organismos como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente a declarar una crisis planetaria y civilizatoria, la agroecología puede considerarse una vía relevante de respuesta.

Se plantea primero como una acción de territorio que trabaja desde el entorno de las personas recuperando su principio de agencia para decidir sobre el territorio

Referencias bibliográficas

Anderson, C. R., Binimelis Adell, R., Pimbert, M. P., & Rivera Ferre, M. (Eds.). (2022). *Critical adult education in food movements*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s10460-019-09941-2>

Bezner Kerr, R., Liebert, J., Kansanga, M., & Kpienbaareh, D. (2022). Human and social values in agroecology: A review. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 10(1), 00090. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00090>

Ewert, F., Baatz, R., & Finger, R. (2023). Agroecology for a sustainable agriculture and food system: From local solutions to large-scale adoption. *Annual Review of Resource Economics*, 15, 351–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>

y lo que estos producirán para subsistir, aún cuando el contexto económico global sea cambiante; por otro lado, restablece, desde la creatividad social, la construcción comunitaria para el intercambio de semillas, recuperación de saberes y haceres colectivos para hacer frente a la falta de alimentos asequibles, impactando de forma directa en la salud física con alimentos variados, nutritivos y libres de químicos y, por otro lado, psíquica, recuperando los espacios colectivos de construcción social.

Además de lo anterior, esta propuesta recupera la participación de las mujeres en los procesos de producción, reconociendo que estos espacios, aunque no remunerados, son el motor de la subsistencia social, porque estas con su trabajo y producción, alimentan no solo los cuerpos, sino a la posibilidad de trabajo de quienes acceden a “recursos monetarios”.

En conclusión, la agroecología posibilita no solo dar respuesta a la mejora alimenticia de las personas. Responde también, a la recuperación de agencia de las poblaciones como agentes de cambio de su realidad desde una mirada de saberes y haceres sociales; aunque, como todo proceso social, siempre es necesaria una mirada crítica en sus construcciones y ejecución, para que los intereses comunes, no se sometan a los particulares.

Agradecimientos: El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación financiado por la Universidad Autónoma de Querétaro con el proyecto FIN202203. Agradecimientos al Centro de Investigaciones Aplicadas a Biosistemas.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024, May 22). *Traditional agrifood systems conserve biodiversity and support nutrition in Mexico*. <https://www.fao.org/newsroom/story/traditional-agrifood-systems- conserve-biodiversity-and-support-nutrition-in-mexico/en>

Galt, R. E., Pinzón, N., Robinson, N. I., & Baukloh Coronil, M. B. (2024). *Agroecology and the social sciences: A half-century systematic review*. *Agricultural Systems*, 216, 103881. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103881>

INEGI. (2023, 21 de noviembre). *Resultados definitivos del Censo Agropecuario 2022* (Comunicado de prensa núm. 667/23). https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022.pdf

- Lindemann, R., Yáñez, R., Cortínez, V., Carrasco, P., & Migueletto, C. (2025). Aprendizajes de América Latina sobre agroecología y desarrollo territorial para transitar hacia sistemas alimentarios inclusivos y resilientes. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC). <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/9eaf41f4-c58e-4d7f-9fb4-3db5a631daf0/content>
- Mendes Pontes, T., Illescas, G., Hernandez, M., Garcia, D., Calte, I., Merçon, J., & Binnquist, C. L. (2023). Mujeres campesinas tejiendo redes de soberanía alimentaria en tiempo de Sindemia. *Revista Brasileira de Educação do Campo*, 8, e14895. <https://doi.org/10.20873/uft.rbec.e14895>
- Meek, D., Bradley, K., Ferguson, B., Hoey, L., Morales, H., Rosset, P., & Tarlau, R. (2019). Food sovereignty education across the Americas: Multiple origins, converging movements. *Agriculture and Human Values*, 36, 611–626. <https://doi.org/10.1007/s10460-017-9780-1>
- Montenegro de Wit, M. (2022). Can agroecology and CRISPR mix? The politics of complementarity and moving toward technology sovereignty. *Agriculture and Human Values*, 39, 733–755. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10284-0>
- Norton, B. (2024). Agroecology as a path to food sovereignty and social justice. *Ukrainian Journal of Ecology*, 14(1), 57–59. <https://www.ujecology.com/articles/agroecology-as-a-path-to-food-sovereignty-and-social-justice.pdf>
- Perez-Vazquez, A., Barciela, P., & Prieto, M. A. (2024). In situ and ex situ bioremediation of different persistent soil pollutants as agroecology tool. *Processes*, 12(10), 2223. <https://doi.org/10.3390/pr12102223>
- Perry, J. A. (2019). Images of work, images of defiance: Engaging migrant farm worker voice through community-based arts. *Agriculture and Human Values*, 36, 627–640. <https://doi.org/10.1007/s10460-018-9861-9>
- Price, M. J., Latta, A., Spring, A., Temmer, J., Johnston, C., Chicot, L., Jumbo, J., & Leishman, M. (2022). Agroecology in the North: Centering Indigenous food sovereignty and land stewardship in agriculture “frontiers”. *Agriculture and Human Values*, 39, 1191–1206. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10312-7>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Ume, C., Nuppenau, E.-A., & Domptail, S. E. (2022). A feminist economics perspective on the agroecology–food and nutrition security nexus. *Environmental and Sustainability Indicators*, 16, 100212. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100212>
- Vermeire, M.-L., Thiour-Mauprivez, C., & De Clerck, C. (2024). Agroecological transition: Towards a better understanding of the impact of ecology-based farming practices on soil microbial ecotoxicology. *FEMS Microbiology Ecology*, 100(4), fae031. <https://doi.org/10.1093/femsec/fae031>
- WHO. (2025, September 25). Noncommunicable diseases. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Wu, F., Pfenninger, S., & Muller, A. (2024). Land-free bioenergy from circular agroecology: A diverse option space and trade-offs. *Environmental Research Letters*, 19(4), 044044. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ad33d5>
- Zhu, S. J., Mfuni, T. I., & Powell, B. (2024). Greater attention to wild foods and cultural knowledge supports increased nutrition outcomes associated with agroecology. *Sustainability*, 16(10), 3890. <https://doi.org/10.3390/su16103890>

Tratamiento fotolítico de lixiviado de colillas con *Pleurotus ostreatus*

Hernández Razo, D., <https://orcid.org/0009-0001-4587-6511>

Lozada Noguéz, F., <https://orcid.org/0009-0007-8184-4801>

Moncada Sanchez, J., <https://orcid.org/0009-0008-6614-3203>

Rodríguez Loyola, G., <https://orcid.org/0009-0005-8002-6263>

Alonso Segura, D., <https://orcid.org/0000-0003-2297-3850>

Resumen

El desarrollo de este proyecto consistió en la evaluación del tratamiento fotolítico en colillas de cigarrillo en función al crecimiento radial del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para ello, se obtuvo el lixiviado de colillas y se sometió a tratamiento con luz UV; posteriormente se prepararon medios de cultivo con una concentración conocida de lixiviado tratado y no tratado, los cuales se inocularon con *Pleurotus ostreatus* utilizando una concentración establecida de esporas como variable constante. Las esporas, previamente aisladas y contadas, fueron colocadas al centro de cada medio de cultivo para su comparación. Después se llevó a cabo un monitoreo constante durante dos semanas para medir el crecimiento radial y determinar si existía alguna diferencia en la velocidad de desarrollo entre ambos tratamientos. Los resultados aún quedan por determinar, debido al tiempo de realización y al crecimiento de la cepa fúngica.

Palabras clave: Colillas de cigarrillo, lixiviado de colillas, tratamiento fotolítico UV, *Pleurotus Ostreatus*, crecimiento radial fúngico.

Abstract

This project involved evaluating the photolytic treatment of cigarette butts based on the radial growth of the fungus *Pleurotus ostreatus*. To do this, cigarette butt leachate was obtained and treated with UV light. Growth mediums were then prepared with a known concentration of treated and untreated leachate, which were inoculated with *Pleurotus ostreatus* using a predetermined spore concentration as a constant variable. The spores, previously isolated and counted, were placed in the center of each growth medium for comparison. Continuous monitoring was then carried out for two weeks to measure radial growth and determine if there was any difference in the growth rate between the two treatments. The results are still pending due to the time required for the experiment and the growth rate of the fungal strain.

Keywords: Cigarette butts, Cigarette butt leachate, UV photolytic treatment, *Pleurotus ostreatus*, Fungal radial growth.

Introducción

Las colillas de cigarrillo representan uno de los residuos más abundantes, contaminantes y problemáticos a nivel mundial, con un desecho anual estimado de 4.5 billones de colillas de cigarrillo (Ramírez, 2024; Bonanomi et al., 2020). Estos residuos contienen nicotina, metales pesados y otros compuestos tóxicos capaces de afectar gravemente a organismos acuáticos y terrestres (Venugopal et al., 2021).

Ante esta problemática actual, es necesario desarrollar métodos que ayuden a reducir la toxicidad de los lixiviados generados por las colillas de cigarrillo. La fotólisis mediante radiación UV se ha utilizado para degradar compuestos como la nicotina (Ramírez, 2024), mientras que el hongo *Pleurotus ostreatus* ha demostrado la capacidad para degradar celulosa, lignina y componentes de las colillas de cigarrillo (Plaza, 2021; González, 2023).

Por lo cual este estudio evalúa si el tratamiento fotolítico realizado en el lixiviado de colillas de cigarrillo puede favorecer el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, como alternativa a la reducción de contaminantes causadas por colillas de cigarrillo.

Método

Las metodologías empleadas en la investigación se describen a continuación:

- Obtención del contaminante (lixiviado):

Se preparó una solución con las colillas de cigarrillo, (100 g colillas DW por litro de agua); se dejaron remojando durante 4 días temperatura ambiente en un sitio oscuro, posterior a esto, se extrajo la colilla manteniendo solo el lixiviado en botellas de vidrio envueltas en aluminio.

- Degradación en cámara UV (Alberti et al., 2021):

Para realizar el tratamiento con luz UV, el lixiviado obtenido se vertió en viales de vidrio con tapa (2.4cm x 2.0cm x 5.2cm), cada vial se llenó con un volumen aproximado de 10 mL; se prepararon 25 viales en

total, se colocaron todos dentro de la cámara con la tapa hacia abajo y distribuidos uniformemente por toda la cámara, esta se programó a 254 nm por un lapso de 240 min (4 hrs). Finalizada la exposición, el lixiviado se reservó en una botella de vidrio envuelta en aluminio a temperatura ambiente.

- Conteo de esporas

Una vez aislado el hongo, se deja en desarrollo hasta observar la presencia de micelio, llegado a este punto, se realizó el protocolo propuesto por Peña, R. & Páez, J. (2025) para realizar el conteo de esporas, se efectuó un raspado del hongo crecido en la caja petri utilizando un asa bacteriológica. La muestra obtenida (esporas) se diluyó en un volumen conocido de agua destilada (10 mL).

Posteriormente, la suspensión se decantó con el fin de eliminar cualquier material que pudiera interferir con el conteo, como fragmentos de agar o restos sólidos. Una vez realizada la decantación, el volumen final se ajustó nuevamente al volumen inicial conocido (10 mL). Se prepararon diluciones necesarias para proceder con el conteo de esporas antes de cargar la muestra, se colocó el cubreobjetos especial sobre la cámara de Neubauer para definir la altura exacta del volumen de conteo. Con el cubreobjetos correctamente montado, se tomó una alícuota de la suspensión de esporas y se depositó en el borde de la rendija, permitiendo que la muestra entrara por capilaridad llenando la cuadrícula, evitando la formación de burbujas o derrames en la rendija, ya que estos pueden alterar el volumen real y generar errores significativos en el cálculo de la concentración final.

De acuerdo al tamaño de las esporas será los cuadrantes a usar, se realizó el conteo seis veces y se obtuvo un conteo promedio. Después de la obtención de media de esporas, se realizó una operación con la constante que se define en base a la cámara utilizada (constante):

$$\text{Promedio de esporas contadas} * \text{constante} = \text{Concentración de esporas/mL}$$

El valor obtenido corresponde a la concentración inicial, por lo que se debe de aplicar otra fórmula para una disolución determinada:

$$C1 V1 = C2 V2$$

$$V2 = (C1 V1) / C2$$

- Preparación de medios de cultivo (Coello-Loor, et al., 2017).

Se prepararon medio de cultivo en cajas petri. Los medios de cultivo se prepararon con lixiviado (contaminante) de 2 formas diferentes, una parte se esterilizó (E) y la otra no se esterilizó (NE); esto con el fin de determinar algún resultado indeseable. De igual forma los cultivos se prepararon a diferentes concentraciones (100%, 75% y 50% de lixiviado), los lixiviados son tratados con UV (Lix T) y no tratados (Lix S).

Se prepararon 3 concentraciones diferentes de PDA en función a la concentración de lixiviado (Tabla 1 y 2), cada uno de los soluciones tenían un volumen de 100 mL con 3.9 g de PDA.

NOTA. Las soluciones se prepararon en conjunto, se separaron a medidas iguales (100 mL) y cada una se manejó de acuerdo a lo establecido (esterilizar y no esterilizar).

%Lix	LixT+agua (mL)	E (mL)	NE (mL)
100	100 + 0	50	50
75	75 + 25	50	50
50	50 + 50	50	50

Tabla 1. Soluciones para lixiviados tratados.

%Lix	Agua destilada (mL)	E (mL)	NE (mL)
Control	50	25	25

Tabla 2. Solución para control.

- Medición del crecimiento radial (Coello-Loor, et al., 2017).

La medición del radio de crecimiento se realizó con ayuda de un Bernier, se realizaron mediciones diarias de cada una de las unidades experimentales, y de igual forma se determinó la media y desviación estándar con los triplicados de las unidades experimentales, esto por un lapso de 2 semanas. Los resultados se presentan en una gráfica de dispersión con su respectiva desviación estándar.

Resultados

Por el momento no se cuenta con resultados confiables, ya que han ocurrido contaminaciones repetidas durante la metodología principal (Figura 1). Estos incidentes han interrumpido el proceso experimental y han imposibilitado continuar adecuadamente con el resto de la metodología. Como consecuencia, no ha sido posible obtener datos precisos ni avanzar hacia las etapas finales del procedimiento.

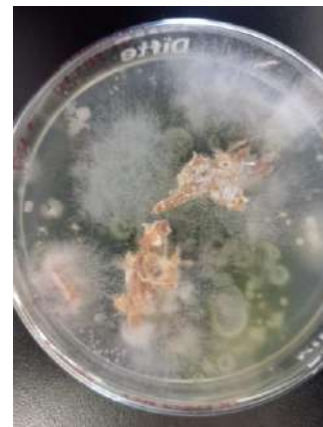


Figura 1. Intento de aislamiento de *Pleurotus ostreatus* con visible contaminación.

Discusión y conclusiones

La contaminación persistente en los aislamientos en medio PDA probablemente se debió a varios factores combinados. En primer lugar, es posible que el propio tejido del hongo contuviera contaminantes ocultos, como esporas latentes de hongos oportunistas principalmente *Aspergillus* o *Penicillium* sp. que suelen colonizar rápidamente los cultivos. Además, el uso de un medio de cultivo altamente nutritivo y poco selectivo, como el PDA, favorece también el crecimiento de microorganismos ambientales que

pueden haber ingresado accidentalmente. A esto se suma la posibilidad de fallas en la técnica aséptica o en el control de limpieza dentro de la campana de flujo laminar, lo que pudo permitir la entrada constante de partículas o esporas contaminantes. En conjunto, estos factores dificultaron mantener un entorno estéril y evitaron obtener un cultivo puro y estable del hongo.

Finalmente, al no poder avanzar adecuadamente con la metodología establecida y, en consecuencia, no obtener resultados experimentales reales, no es posible formular una conclusión sólida sobre el efecto del tratamiento fotolítico aplicado al lixiviado de colillas de cigarro. Las constantes dificultades y limitaciones técnicas impidieron llevar el proceso hasta su fase final, lo que deja a la investigación en un estado inconcluso. Esto significa que no se puede evaluar de manera confiable si el tratamiento propuesto realmente genera cambios significativos en las características del lixiviado, por lo que será necesario retomar y corregir la metodología en futuros trabajos para obtener resultados válidos.

Referencias

- Alberti, S., Sotiropoulou, M., Fernández, E., Solomou, N., Ferretti, M., & Psillakis, E. (2021). UV-254 degradation of nicotine in natural waters and leachates produced from cigarette butts and heat-not-burn tobacco products. *Environmental Research*, 194, 110695. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110695>
- Benavides, M. I. M. (2022). Preparación del medio de cultivo. UF0019. TUTOR FORMACIÓN. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=pi5dEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Preparaci%C3%B3n+de+medios+de+cultivo&ots=SDAd-4lXb&sig=jpQCy8EPKCJxPlgzklf0bWVlD54&redir_esc=y#v=onepage&q=Preparaci%C3%B3n%20de%20medios%20de%20cultivo&f=false
- Bonanomi, G., De Filippis, F., Zotti, M., Idbella, M., Cesarano, G., Al-Rowaily, S. y Abd-ElGawad, A. (2020). La aplicación repetida de enmiendas orgánicas promueve la microbiota beneficiosa, mejora la fertilidad del suelo y aumenta el rendimiento de los cultivos. *Applied Soil Ecology*, 156, 103714. <https://2024.sci-hub.box/8258/db5607696af831d6d7a12d2598fe75ee/bonanomi2020.pdf>
- Díaz-Vicario, A., Mercader Juan, C., & Gairín Sallán, J. (2019). Uso problemático de las TIC en adolescentes. *Revista electrónica de investigación educativa*, 21. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412019000100103&script=sci_arttext
- GONZÁLEZ, Z. V. (2023). Exploración de condiciones experimentales para la degradación de 4-nonilfenol Y 4-tercoctilfenol en disolución acuosa. <https://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3991/VIGZNR08T.pdf?sequence=1>
- Peña, R., & Páez, J. (2025). Guía para el cálculo de la concentración de inóculo. <https://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/guia1.pdf>
- Plaza Morales, J. (2021). Degradación de contaminantes orgánicos en sistemas acuosos mediante Fotocatálisis Heterogénea y procesos Tipo Fenton a pH cícumneuro. <file:///C:/Users/biote/Downloads/Tesis%20Doctoral%20Jorge%20Plaza.pdf>
- Ramírez, A. Y. S. (2024). Efecto del pretratamiento con fotocátalisis UV/TiO2 en la biodegradación de colillas de cigarrillo por *Pleurotus ostreatus* (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Javeriana). https://perfilesycapacidades.javeriana.edu.co/ws/portalfiles/portal/24788425/ORIGINAL_TG_Colillas_de_cigarrillo_revisa_do_16-11-2024_.pdf
- Ramírez, A. Y. S. (2024). Efecto del pretratamiento con fotocátalisis UV/TiO2 en la biodegradación de colillas de cigarrillo por *Pleurotus ostreatus* (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Javeriana). <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/b50abeec-23e1-47fa-a603-64d525e0638a/content>
- Venugopal P., Hanna S., Gagliano G., & Chang W. (2021). No Butts on the Beach: Aquatic Toxicity of Cigarette Butt Leachate. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7849351/>

Evaluación de niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas en función del tiempo promedio de demora utilizando microsimulación

Israel Biaís-Hernández¹, Emilio Abarca-Pérez², Eduardo Daniel García-Gutiérrez³

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Universitario. Cerro de las Campanas S/N, C.P. 76010, Querétaro, Querétaro, México.

²Coordinación de Estudios Económicos y Sociales del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte. Km 12+000 Carretera Estatal No. 431 “El Colorado-Galindo” C.P. 76703, San Fandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

³Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte. Km 12+000 Carretera Estatal No. 431 “El Colorado-Galindo” C.P. 76703, San Fandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

Correspondencia: israel.biais.hernandez@gmail.com, eabarca@imt.mx, eduardo.garcia@imt.mx

Resumen

El objetivo de este estudio es comparar los resultados obtenidos mediante dos herramientas del software PTV Vissim 11.00-14 para evaluar los niveles de servicio en intersecciones de carreteras no semaforizadas, en función del tiempo promedio de demora por vehículo, con el fin de determinar cuál resulta más adecuada para este propósito. Las herramientas analizadas son: evaluación por nodos y evaluación por tiempos de viaje. Para ello, se simularon dos intersecciones reales ubicadas en el Libramiento de Celaya, Guanajuato. La metodología de microsimulación se desarrolló en tres etapas: (1) dibujo de la geometría de las intersecciones; (2) incorporación de rutas vehiculares estáticas y aforos registrados en campo por movimiento direccional; y (3) simulación de los grafos y evaluación de los niveles de servicio mediante ambas herramientas. Los resultados de demora promedio por vehículo en el Distribuidor Crespo fueron de 5.33 segundos (evaluación por nodos) y 4.44 segundos (evaluación por tiempos de viaje). Para el Distribuidor San Miguel, los valores fueron de 1.33 y 1.32 segundos, respectivamente. En ambos casos, la demora no supera los 10 segundos, lo que corresponde a un nivel de servicio A. Se concluye que la evaluación mediante tiempos de viaje resulta más precisa y eficiente, ya que permite realizar microsimulaciones en condiciones controladas, facilitando la calibración y validación de los modelos.

Palabras clave: Microsimulación, Intersecciones no semaforizadas, Tiempos de demora, Nivel de servicio, Evaluación por nodos, Evaluación por tiempos de viaje.

Abstract

The objective of this study is to compare the results obtained through two tools in the PTV Vissim 11.00-14 software for evaluating the levels of service at unsignalized road intersections, based on the average vehicle delay time, in order to determine which tool is more suitable for this purpose. The tools analyzed are: node evaluation and travel time evaluation. To this end, two real intersections located along the Celaya Bypass in Guanajuato were simulated. The microsimulation methodology was developed in three stages: (1) drawing the geometry of the intersections; (2) incorporating static vehicle routes and field-recorded traffic counts by directional movement; and (3) simulating the networks and assessing the levels of service using both tools. The average delay per vehicle at the Crespo Interchange was 5.33 seconds (node evaluation) and 4.44 seconds (travel time evaluation). For the San Miguel Interchange, the values were 1.33 and 1.32 seconds, respectively. In both cases, the delay did not exceed 10 seconds, corresponding to Level of Service A. It is concluded that the travel time evaluation method is more precise and efficient, as it allows microsimulations to be performed under controlled conditions, facilitating the calibration and validation of the models.

Keywords: Microsimulation, Unsignalized intersections, Delay times, Level of service, Node evaluation, Travel time evaluation.

Introducción

Los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Según el *Global Status Report on Road Safety 2023*, se estima que en 2021 ocurrieron aproximadamente 1.19 millones de muertes por esta causa, lo que equivale a una tasa de 15 fallecimientos por cada 100,000 habitantes (World Health Organization, 2023). Además, las lesiones ocasionadas por hechos de tránsito representan la principal causa de muerte entre niños, niñas y jóvenes de 5 a 29 años, y ocupan el duodécimo lugar entre las causas de mortalidad general en todas las edades (World Health Organization, 2022).

Ante esta situación, en septiembre de 2020, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una resolución para promover la seguridad vial a nivel global, proclamando el Segundo Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021–2030. El objetivo principal de esta iniciativa es reducir en al menos un 50 % las muertes y lesiones causadas por siniestros viales durante ese período (United Nations General Assembly, 2020).

Para contribuir al cumplimiento de dicho objetivo, los Estados Miembros de la Organización de las Naciones Unidas, han implementado diversas acciones desde el Primer Decenio de Acción, lanzado en 2010, cuando los fallecimientos por accidentes de tránsito alcanzaban los 1.25 millones anuales a nivel mundial. En comparación, los datos de 2021 reflejan una leve disminución del 5 %, situando la cifra en 1.19 millones de muertes (World Health Organization, 2023).

Una estrategia clave para prevenir muertes derivadas de siniestros viales es el desarrollo de infraestructura carretera segura. En concordancia con lo establecido en el Segundo Decenio de Acción para la Seguridad Vial, se reconoce que las vías deben ser diseñadas y operadas para eliminar o reducir los riesgos para todos los usuarios (World Health Organization, 2023). En este contexto, México ha implementado diversas

iniciativas orientadas a mejorar la seguridad de su red carretera. Destaca el programa MexiRAP, lanzado en 2024 por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) en colaboración con el International Road Assessment Programme (iRAP), el cual evalúa tramos de alto riesgo y propone intervenciones específicas en señalización y diseño vial. Asimismo, la SICT impulsa la campaña “Carretera Segura”, enfocada en el mantenimiento y equipamiento preventivo de las carreteras federales, con el objetivo de reducir los factores que contribuyen a los accidentes de tránsito.

Considerando esta premisa, en la presente investigación se propone evaluar el nivel de servicio (NS) en intersecciones no semaforizadas de carreteras, dada su relevancia como indicador de la calidad operativa que ofrece una vialidad a sus usuarios, y su potencial impacto en la predicción de siniestros. Aunque comúnmente los modelos de predicción de accidentes se basan en indicadores de volumen de tránsito, como el tránsito diario promedio anual (TDPA) (Høye & Hesjevoll, 2020), estos volúmenes están directamente relacionados con el nivel de servicio, ya que esta variable se determina a partir de la relación entre el volumen vehicular y la capacidad de la vía (V/C). Diversos estudios, como los de Cadar et al. (2017) y Wang et al. (2013), han identificado correlaciones lineales y cuadráticas entre el volumen de tránsito y la frecuencia de siniestros. Más recientemente, García et al. (2024) encontraron una relación lineal significativa entre el nivel de servicio C y la frecuencia de siniestros en carreteras de carriles múltiples con flujos horarios de hasta 1500 vehículos.

Por lo tanto, evaluar y mejorar el nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas resulta fundamental para fortalecer la seguridad vial, al ofrecer un parámetro que integra tanto las condiciones operativas de la vía como la influencia directa del volumen de tránsito en la ocurrencia de accidentes, contribuyendo así a la planificación de intervenciones

más efectivas y focalizadas en la infraestructura carretera.

Metodología

De conformidad con Al-Msari et al. (2024) la mayoría de los investigadores que han realizado microsimulación utilizan la demora y el tiempo de viaje para evaluar niveles de servicio, dado que estas variables son fáciles de medir y proporcionan resultados precisos. En segundo lugar, se considera comúnmente el volumen de tránsito, seguido por la relación entre el flujo de tránsito y la capacidad (V/C).

Considerando lo anterior, el presente estudio se enfoca en determinar el nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas en función del tiempo promedio de demora por vehículo. En términos generales, la demora promedio es mayor en intersecciones semaforizadas que en las no semaforizadas, motivo por el cual se establecen diferentes rangos para evaluar el nivel de servicio en cada tipo de intersección. En las Tablas 1 y 2 se presentan los niveles de servicio asociados a la demora para intersecciones no semaforizadas y semaforizadas, respectivamente.

Tabla 1. Criterios de nivel de servicio por demora para intersecciones no semaforizadas.

NS	Demora promedio (segundos/vehículo)
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	> 50

Fuente: adaptado de TRB (2016).

Tabla 2. Criterios de nivel de servicio por demora para intersecciones semaforizadas.

NS	Demora promedio (segundos/vehículo)
A	0-10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	> 80

Fuente: adaptado de TRB (2016).

Selección de intersecciones de carreteras no semaforizadas.

Se seleccionaron los distribuidores viales Crespo y San Miguel debido a su ubicación geográfica estratégica, así como por sus características geométricas y funcionales representativas dentro de los libramientos que intersectan los tramos carreteros MEX-045 y MEX-045D. Estos puntos registran una tasa anual de accidentes del orden de 15 a 16 colisiones, de las cuales entre 4 y 5 involucran víctimas (Cuevas & Silva, 2025), lo que los convierte en casos de estudio idóneos para la evaluación de los niveles de servicio.

Ambos distribuidores se localizan en la periferia de la ciudad de Celaya, en el estado de Guanajuato, México. El Distribuidor Crespo se ubica en el kilómetro 16+450 del Libramiento Sur de Celaya, en las coordenadas geográficas 20°30'56.98" N y 100°52'17.47" O. Por su parte, el Distribuidor San Miguel se encuentra en el kilómetro 12+740 del Libramiento Nororiente, con coordenadas 20°35'19.64" N y 100°48'41.42" O.

Ambos distribuidores corresponden a intersecciones a desnivel conformadas por cuatro gazas, dos ramales de incorporación, dos de desincorporación y un paso superior vehicular que da continuidad al flujo principal sobre el libramiento.

Metodología general de microsimulación.

La metodología general para la elaboración de escenarios de microsimulación en el software *PTV Vissim* es similar a la empleada en otros programas de simulación. Esta consiste, en primer lugar, en la recolección de datos de tránsito en las intersecciones, los cuales sirven como base para la creación de los escenarios de microsimulación en el software (segundo paso). El tercer paso corresponde al procesamiento de la información de campo, con el fin de asignar los datos de demanda de flujos vehiculares en el modelo digital. Finalmente, se realiza la calibración y validación de los escenarios generados.

La metodología descrita se presenta en el siguiente diagrama, Figura 1:

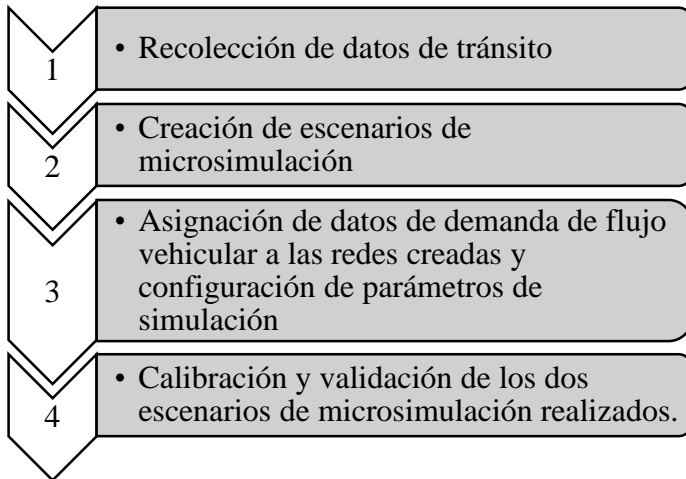


Figura 1. Metodología general de microsimulación. Fuente: adaptado de García y Casanova (2025).

Recolección de datos de tránsito.

La recolección de datos de tránsito en las intersecciones se llevó a cabo mediante un estudio de volúmenes de tránsito en campo durante las horas de mayor demanda, con el propósito de determinar el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), entendido como la franja horaria en la que se concentra el mayor flujo vehicular sobre las intersecciones analizadas (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

El estudio se realizó en dos puntos de aforo, ubicados en cada una de las intersecciones. El VHMD se determinó a partir de conteos vehiculares manuales efectuados en intervalos de 15 minutos, clasificados por tipo de vehículo y movimiento direccional.

Los conteos se llevaron a cabo un día martes, en dos franjas horarias representativas: de 7:00 a 10:00 horas y de 17:00 a 20:00 horas. Esto permitió capturar el comportamiento del tránsito tanto en el periodo matutino como en el vespertino, proporcionando así una mayor resolución temporal para analizar las variaciones del flujo vehicular a lo largo del día (Casanova et al., 2020).

Creación de escenarios de microsimulación

Para el desarrollo de las microsimulaciones correspondientes a las dos intersecciones analizadas, se utilizó el software PTV Vissim, versión 11.00-14. Este es un software comercial desarrollado por PTV Group, que integra un paquete de simulación microscópica de flujos de tránsito multimodal (Ejército, Nebrija, Feria y Figueroa, 2017). Permite representar con alta precisión los patrones de tránsito, así como a todos los usuarios de la vía y sus interacciones dentro del modelo.

El software incorpora dos modelos de seguimiento vehicular basados en los parámetros definidos por Wiedemann (Figura 2), conocidos como modelo 74 y modelo 99, denominados así en función del año en que fueron desarrollados. Ambos modelos se fundamentan en una representación psico-física del comportamiento del conductor; es decir, buscan emular la percepción humana y las reacciones frente a la presencia de vehículos precedentes. De acuerdo con Acha et al. (2020), se recomienda la aplicación del modelo 74 en entornos urbanos, mientras que el modelo 99 resulta más adecuado para escenarios de carretera.

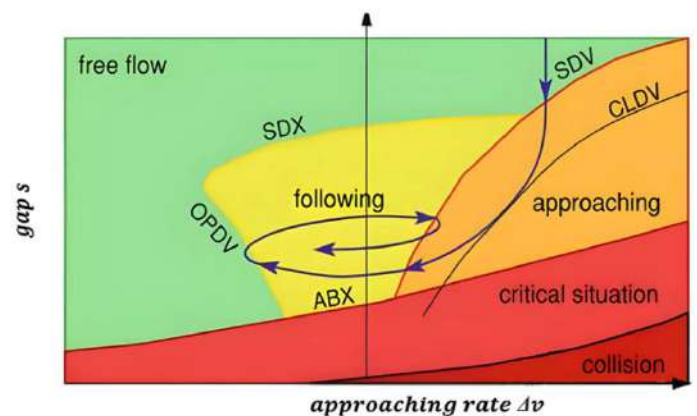


Figura 2. Wiedemann car-following model. Fuente: Desta, R. & Tóth, J

En esta investigación se emplearon los parámetros del modelo Wiedemann 99, dado que las intersecciones analizadas se ubican en una carretera de zona interurbana, específicamente en una autopista de

cuota bajo jurisdicción estatal, situada en las inmediaciones de la ciudad de Celaya, Guanajuato, conocida como el Libramiento de Celaya.

Para iniciar la creación de los escenarios de microsimulación en el software, se generaron las dos intersecciones, reconstruyendo las características del diseño geométrico existente. Para ello, se utilizó una imagen de fondo -conocida como *background image*- obtenida del sistema de mapas de Google Earth, la cual fue escalada con la herramienta correspondiente del software y sirvió como base para el trazado preciso de la red vial, Figuras 3 y 4.



Figura 3. Red vial del Distribuidor Crespo dibujada en PTV Vissim. Fuente: Elaboración Propia



Figura 4. Red vial del Distribuidor San Miguel dibujada en PTV Vissim. Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se definieron seis categorías de vehículos en el software, basadas en las configuraciones observadas durante el estudio de volúmenes de tránsito, Tabla 3. El objetivo de establecer diferentes tipos de vehículos fue asignar al software las características, dimensiones y configuraciones específicas de cada unidad, ya que el comportamiento en la conducción varía significativamente entre las distintas categorías vehiculares.

Tabla 3. Tipos de vehículos creados en PTV Vissim.

Tipo de vehículo	Descripción
M	Considera vehículos del tipo motocicleta.
A	Vehículos ligeros; incluye vehículos del tipo automóvil, camionetas pick up y vans de eje trasero sencillo.
B	Autobuses; incluye vehículos del tipo autobús de 2 y 3 ejes.
C	Camiones; incluye vehículos del tipo camión unitario de 2, 3 y 4 ejes.
TS	Tractor y semirremolque; incluye vehículos de 5 y 6 ejes.
TSR	Tractor, semirremolque y remolque; incluye vehículos de 7, 8 y 9 ejes.

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinados los flujos vehiculares por movimiento direccional en ambas intersecciones, se ingresaron en el software los porcentajes de participación correspondientes a cada tipo de vehículo.

Asignación de datos de demanda de flujo vehicular a las redes creadas y configuración de parámetros de simulación

La asignación de la demanda vehicular se realizó mediante la definición de rutas estáticas. En primer lugar, se trazaron las rutas dentro de cada red vial conforme a la dirección de los flujos vehiculares existentes. Posteriormente, se asignaron los flujos horarios correspondientes a cada movimiento direccional.

Una vez creadas las dos redes viales de los escenarios a simular y asignada la demanda a través de rutas estáticas se configuraron las opciones de evaluación de resultados en el software.

El periodo total de una simulación se compone de dos partes. La primera corresponde al tiempo de precarga de la red, es decir, el lapso necesario para llenar la red vial con los flujos vehiculares ingresados. La segunda parte comprende el tiempo de evaluación, durante el cual se registran los principales resultados de la simulación. En el presente estudio, el tiempo de precarga fue de 15 minutos, mientras que el tiempo de evaluación se estableció en una hora. Por tanto, la

duración total de cada simulación fue de una hora y 15 minutos.

El número de replicaciones considerado para cada escenario fue de diez simulaciones, cada una con una duración máxima de una hora y 15 minutos, como se detalló anteriormente. Sin embargo, para efectos de la evaluación de resultados, solo se consideraron los valores registrados en la última hora simulada. Para todos los datos obtenidos a partir de las simulaciones —nivel de servicio, flujo horario, tiempo promedio de demora, tiempo de viaje, distancia recorrida, entre otros— se reportó el promedio de las diez replicaciones.

El software PTV Vissim cuenta con múltiples herramientas para la evaluación de una red vial, entre las cuales destacan:

1. Tiempos de viaje (*Travel Times*)
2. Demora (*Delay*)
3. Volumen de tránsito vehicular y velocidad (*Data Collection Points*)
4. Colas (*Queues*)
5. Métricas basadas de nodos y tramos (*Node and Link-Based Metrics*)
6. Controles de señales y detectores de datos (*Signal Control and Detector Data*)

Dado que el objetivo de la investigación es establecer niveles de servicio en función de los tiempos de demora, se optó por realizar la evaluación por nodos y tiempos de viaje, apoyándose en la estimación de la demora que el software calcula de manera directa.

Evaluación por nodos

La evaluación por nodos permite definir un polígono como zona o área de análisis que, por lo general, encierra una intersección con varios movimientos direccionales. Este enfoque facilita la obtención de la cantidad de vehículos simulados y de diversos indicadores operativos, como el nivel de servicio (NS), el tiempo promedio de demora y la velocidad promedio, tanto por giro direccional como de manera global para toda la intersección, lo que resulta

especialmente útil para analizar su desempeño operativo.

En particular, la evaluación por nodos se emplea para determinar datos específicos de intersecciones sin necesidad de definir previamente todas las secciones manualmente (Ziemska & Osuch, 2022). Uno de los indicadores más relevantes obtenidos mediante este método es el NS, que representa los niveles de calidad del flujo vehicular (de A a F) en términos de capacidad (vehículos/milla/carril) y de movimientos direccionales. En el software PTV Vissim, la evaluación del NS se basa en el atributo denominado tiempo de demora promedio por vehículo (Ziemska & Osuch, 2022). El rango de valores de este tiempo depende del tipo de intersección analizada —semaforizada o no semaforizada—, tal como se muestra en las Tablas 1 y 2. Cabe destacar que el NS determinado en PTV Vissim es comparable con el definido en el Highway Capacity Manual (HCM) de 2010 (PTV GmbH, 2022).

Evaluación por tiempos de viaje

El tiempo de viaje se define como el lapso que transcurre para que un vehículo cruce un tramo determinado de una vialidad o intersección y, junto con la demora, constituye uno de los principales indicadores de la eficacia del sistema vial (Lashkari et al., 2023). En PTV Vissim, la herramienta de evaluación por tiempos de viaje permite determinar simultáneamente las demoras, pero a diferencia de la evaluación por nodos, requiere definir previamente todas las secciones de la red vial de manera manual. Esto implica establecer la distancia que los vehículos deben recorrer para cada movimiento direccional, de manera que el software pueda calcular el tiempo de viaje, la demora promedio y la velocidad media de cada sección. Aunque ambos métodos permiten determinar los niveles de servicio, la evaluación por tiempos de viaje exige un procedimiento más laborioso para delimitar correctamente las secciones, pero ofrece un mayor control sobre los movimientos direccionales y facilita la identificación de posibles

errores durante la calibración y validación del modelo.

Calibración y validación de los dos escenarios de microsimulación realizados

Como regla general, todos los modelos de simulación, deben ser calibrados y validados.

La validación de un modelo de simulación indica que los resultados deben ser tan cercanos, tanto como sea posible a los datos reales (Álvarez et al., 2018). En tanto, la calibración consiste en la modificación de parámetros locales y globales, y trata de reproducir las capacidades del tránsito observado en campo (real) a través de la modificación de los parámetros de flujo de tránsito del modelo como lo consideran Bamdad et al. (2023, págs. 15-27).

Para la validación de los flujos se utilizó el estadístico GEH, también conocido como el indicador Geoffrey E. Havers (GEH) (Dalaff et al., 2013). El indicador GEH es un estadístico chi cuadrado modificado que incorpora, diferencias relativas y absolutas en la comparación de flujos simulados y observados o reales según mencionan Schweizer et al. (2021).

El estadístico GEH fue determinado usando la ecuación (1) que considera Ziemska y Osuch (2022).

$$GEH_i(M, C) = \sqrt{\frac{2(M_i - C_i)^2}{M_i + C_i}} \quad (1)$$

Donde:

M_i = volumen de tránsito horario simulado.

C_i = volumen de tránsito horario real.

Para interpretar los valores GEH resultantes de aplicar la ecuación ((1) García y Casanova (2025) brindan los dominios mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Significados de los diferentes dominios de GEH.

Dominio	Significado
GEH < 5	Los flujos son consistentes entre sí.
5 < GEH < 10	Discrepancias; Los flujos requieren más investigaciones.
10 < GEH	Los flujos no son consistentes; Existe alta probabilidad de errores significativos en la demanda del tránsito modelada o en los datos de entrada.

Fuente: García y Casanova (2025).

Resultados y discusión

Determinación de la demanda vehicular en las intersecciones.

A continuación, se presentan los resultados derivados del estudio de volumen de tránsito.

La hora de máxima demanda (HDM), que corresponde al intervalo de tiempo que registró la mayor afluencia vehicular, se presentó entre las 17:00 y las 18:00 horas para el Distribuidor Crespo y entre las 7:00 y 8:00 horas para el Distribuidor San Miguel.

En la Figura 5, se muestra el VHMD repartido por movimiento direccional en el Distribuidor Crespo.



Figura 5. VHMD por movimiento direccional en el Distribuidor Crespo. Fuente: (Google Earth, 2025)

Para identificar de una mejor manera los flujos vehiculares por movimiento direccional mostrados en la Figura 5 visualice la Tabla 5.

Tabla 5. Flujos vehiculares por movimiento direccional para el Distribuidor Crespo.

Movimiento direccional	Dirección	Flujo vehicular (vehículos/hora)
23	Oriente - Sur	91
32	Sur - Oriente	89
34	Sur - Poniente	208
43	Poniente - Sur	272
Total		660

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6, se muestra el VHMD repartido por movimiento direccional en el Distribuidor San Miguel.



Figura 6. VHMD por movimiento direccional en el Distribuidor San Miguel. Fuente: (Google Earth, 2025)

Para identificar de una mejor manera los flujos vehiculares por movimiento direccional mostrados en la Figura 6 visualice la Tabla 6.

Tabla 6. Flujos vehiculares por movimiento direccional para el Distribuidor San Miguel.

Movimiento direccional	Dirección	Flujo vehicular (vehículos/hora)
12	Norte - Oriente	72
21	Oriente - Norte	98
23	Oriente - Sur	49
32	Sur - Oriente	117
Total		336

Fuente: elaboración propia.

La composición vehicular por movimiento direccional, expresada en porcentaje para los

Distribuidores Crespo y San Miguel, se indican en las Tablas 7 y 8, respectivamente.

Tabla 7. Composición vehicular del flujo vehicular por sentido de circulación en el Distribuidor Crespo.

Tipo de vehículo	Sentido 1 Composición (%)	Sentido 2 Composición (%)
M	0%	0%
A	44%	44%
B	9%	3%
C	19%	19%
TS	24%	29%
TSR	4%	5%

Fuente: elaboración propia a partir del estudio de volúmenes de tránsito.

Tabla 8. Composición vehicular del flujo vehicular por sentido de circulación en el Distribuidor San Miguel.

Tipo de vehículo	Sentido 1 Composición (%)	Sentido 2 Composición (%)
M	0.0%	0.5%
A	82%	90.5%
B	2%	1.6%
C	10%	4.8%
TS	5%	2.6%
TSR	1%	0.0%

Fuente: elaboración propia a partir del estudio de volúmenes de tránsito.

En las dos tablas anteriores, el sentido 1 indica el sentido de circulación en el que crece el cadenamamiento, en tanto, el sentido 2 indica aquél en el que disminuye.

Evaluación de microsimulaciones

Evaluación por nodos

A continuación, se presentan los resultados del nivel de servicio y tiempo promedio de demora por vehículo a nivel de movimiento direccional.

Tabla 9. Resultados de evaluación por nodos a nivel de movimiento direccional para el Distribuidor Crespo.

Movimiento direccional	Demora promedio (segundos)	NS
23	8.25	A
32	5.13	A
34	8.5	A
43	1.91	A
Total		5.33

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se muestran los principales movimientos direccionales evaluados en el Distribuidor Crespo de manera gráfica. El color verde de cada movimiento indica un nivel de servicio A. En tanto, el NS global también es A (LOS A). Los números observados en el perímetro de la circunferencia corresponden a los vehículos simulados.

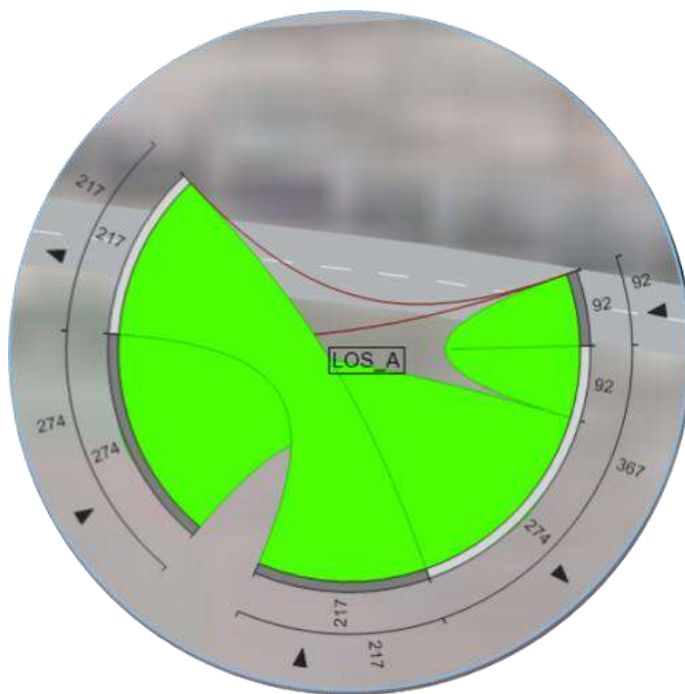


Figura 7. Nivel de servicio A en cada movimiento direccional y total de vehículos simulados en el Distribuidor Crespo.

Tabla 10. Resultados de evaluación por nodos a nivel de movimiento direccional para el Distribuidor San Miguel.

Movimiento direccional	Demora promedio (segundos)	NS
12	0.41	A
21	1.79	A
23	1.75	A
32	1.37	A
Total		1.33

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 8 se indican los principales movimientos direccionales realizados en el Distribuidor San Miguel. En general, la intersección tiene un NS A (LOS A) al igual que cada uno de sus giros. También se muestra el total de los vehículos simulados por movimiento direccional y el sentido de circulación indicado con flechas.



Figura 8. Nivel de servicio A en cada movimiento direccional y total de vehículos simulados en el Distribuidor San Miguel.

Evaluación por tiempos de viaje

En las siguientes tablas se presentan los resultados de niveles de servicio y tiempo promedio de demora por vehículo a nivel de movimiento direccional al realizar la evaluación por tiempos de viaje.

Tabla 11. Resultados de evaluación por tiempos de viaje a nivel de movimiento direccional para el Distribuidor Crespo.

Movimiento direccional	Demora promedio (segundos)	NS
23	7.37	A
32	3.06	A
34	8.08	A
43	1.02	A
Total	4.44	A

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Resultados de evaluación por tiempos de viaje a nivel de movimiento direccional para el Distribuidor San Miguel.

Movimiento direccional	Demora promedio (segundos)	NS
12	0.15	A
21	1.78	A
23	1.82	A
32	1.48	A
Total	1.32	A

Fuente: elaboración propia.

Si se comparan los niveles de servicio obtenidos en la evaluación por nodos y por tiempos de viaje, se establece que no existe diferencia alguna, porque tanto a nivel de movimiento direccional, como a nivel de toda la intersección, el NS es igual a A. Esto se debe a que todas las demoras son inferiores a un tiempo de 10 segundos como se ilustra en la Tabla 1.

En contraste, si se analiza el tiempo promedio de demora por vehículo, existe una ligera variación entre los resultados generados a partir de la evaluación por nodos y aquella realizada por tiempos de viaje. La variación expresada en porcentaje por movimiento direccional se puede apreciar en la Tabla 13.

Tabla 13. Porcentaje de variación del tiempo de demora promedio entre la evaluación por nodos y tiempos de viaje.

Movimiento direccional	Variación del tiempo de demora promedio (%)	
	Distribuidor Crespo	Distribuidor San Miguel
12	12%	173%
21	68%	1%
23	5%	4%
32	87%	7%
Total	20%	1%

Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 13, en general, la variación en las demoras es mayor para el Distribuidor Crespo que para el Distribuidor San Miguel. Esto es a consecuencia de que en el Distribuidor Crespo existe mayor flujo vehicular y, por ende, esa intersección se encuentra más saturada.

Asimismo, los tiempos de demora promedio son más altos en el Distribuidor Crespo, sobre todo porque los movimientos direccionales 23 y 34 presentan una demora de, alrededor de 8 segundos. Si bien, esta demora no excede los 10 segundos, si ésta cerca del límite para que estos dos movimientos direccionales pasen de tener un NS A a B. Con este análisis se determina que el Distribuidor San Miguel presenta un mejor nivel de servicio (basado en el tiempo de demora) que el Distribuidor Crespo.

Algo que es importante resaltar es que la representación gráfica de la evaluación por nodos mostrada en las Figuras 9 y 10 es muy visual y concreta para mostrar los niveles de servicio a nivel de movimiento direccional y también a nivel global (de toda la intersección), además muestra el total de vehículos simulados por movimiento direccional, o bien, por sentido de circulación.

Sin embargo, al evaluar una intersección por nodos, el software puede incluir de manera automática movimientos direccionales adicionales que no existen o no están contemplados en la realidad. Esta situación es más frecuente en intersecciones complejas con múltiples giros, y puede afectar los resultados de demora y los niveles de servicio.

En la evaluación por tiempos de viaje debido a que se simula una red vial bajo condiciones controladas, es decir, por cada movimiento direccional se define manualmente una distancia o sección de evaluación y dentro de esa distancia se evaluarán los tiempos de demora, vehículos simulados, tiempo de viaje y tiempo de recorrido, principalmente y, en función, de la demora se establecerán los niveles de servicio.

En la evaluación por tiempos de viaje, la simulación se realiza sobre una red vial bajo condiciones

controladas. Para cada movimiento direccional, se define manualmente una distancia o sección de evaluación, dentro de la cual se analizan variables como los tiempos de demora, número de vehículos simulados, tiempo de viaje y tiempo de recorrido. Con base en los valores de demora, se determinan los niveles de servicio correspondientes.

Aunque la evaluación por tiempos de viaje no genera una representación gráfica de los resultados sobre la red vial simulada, se considera más recomendable para lograr un mayor control del proceso de microsimulación, así como para la calibración y validación de los modelos. Bajo condiciones controladas, este enfoque permite identificar posibles errores de asignación de la demanda vehicular, de definición de rutas estáticas o de parámetros operativos y de diseño de la red vial.

Validación de las microsimulaciones

Indicador GEH

El indicador GEH se evaluó comparando los flujos horarios direccionales reales contra los simulados aplicando la ecuación ((1) como se mencionó anteriormente. El estadístico GEH resultante de la evaluación por nodos y por tiempos de viaje es el mismo, debido a que la cantidad de vehículos simulados es igual en ambos casos.

A continuación, se presentan los valores GEH por movimiento direccional para los Distribuidores Crespo y San Miguel.

Tabla 14. Indicador GEH por movimiento direccional para el Distribuidor Crespo.

Movimiento direccional	Volumen real (vehículos/hora)	Volumen simulado (vehículos/hora)	GEH
23	91	92	0.10
32	89	87	0.21
34	208	217	0.62
43	272	274	0.12
Total	660	672	0.39

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Indicador GEH por movimiento direccional para el Distribuidor San Miguel.

Movimiento direccional	Volumen real (vehículos/hora)	Volumen simulado (vehículos/hora)	GEH
12	72	76	0.46
21	98	100	0.20
23	49	47	0.29
32	117	118	0.09
Total	336	341	0.27

Fuente: elaboración propia.

De conformidad con los resultados mostrados en las dos tablas anteriores, todos los valores de GEH establecidos por movimiento direccional y también los totales o globales de cada intersección, son menores a cinco, lo que indica que los flujos reales y simulados son consistentes entre sí atendiendo a los significados de los diferentes dominios incluidos en la Tabla 4. Incluso, el GEH es muy cercano a cero, lo cual, también es indicativo de que los grafos digitales creados representan correctamente lo que ocurre en la realidad con los volúmenes de tránsito en esas intersecciones.

Los valores GEH obtenidos también demuestran que los grafos están correctamente calibrados y validados y que son confiables para realizar aproximaciones del nivel de servicio y otras variables de interés con alto grado de exactitud y apego a las condiciones reales y actuales de operación, pero también se pueden utilizar para predecir comportamientos a futuro si se considera la actualización de los flujos vehiculares con una tasa de crecimiento y se proyectan a lo largo del tiempo.

Conclusiones

En síntesis, se cumplió con el objetivo de la investigación al establecer la comparativa de niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas en función de los tiempos de demora evaluados por nodos y tiempos de viaje en un software de microsimulación.

El estudio evidencia que ambas herramientas de evaluación en PTV Vissim 11.00-14 producen niveles de servicio prácticamente iguales. Sin embargo, al analizar los tiempos de demora detalladamente, se observan diferencias significativas: la variación

global, considerando todos los movimientos direccionales, de tiempos de demora en el Distribuidor Crespo fue del 20%, mientras que en el Distribuidor San Miguel osciló alrededor del 1%.

Se analizaron las principales ventajas de las dos herramientas integradas en el software PTV Vissim. La evaluación por nodos se distingue por su practicidad y rapidez, ya que no requiere la delimitación manual de cada movimiento direccional. El software identifica automáticamente los giros y los evalúa, generando una representación gráfica que muestra, mediante colores, los niveles de servicio, la geometría de los giros, el sentido de circulación y el número total de vehículos simulados. No obstante, los resultados de tiempo promedio de demora por vehículo y los niveles de servicio pueden presentar sesgos cuando el sistema identifica giros inexistentes, especialmente en intersecciones complejas. Asimismo, la referencia de los movimientos direccionales mediante identificadores numéricos (ID) dificulta la interpretación de los resultados, ya que no se asigna una nomenclatura basada en los puntos cardinales, como se implementó en este estudio.

Por su parte, la evaluación por tiempos de viaje requiere definir manualmente cada sección por movimiento direccional y, aunque no genera una representación gráfica, permite identificar fácilmente los resultados de cada giro y detectar posibles errores en la asignación de la demanda vehicular, rutas estáticas u otros parámetros operativos o de diseño de la red vial. La principal desventaja de esta herramienta es el tiempo requerido para definir las secciones, pero sigue siendo recomendable debido al mayor control que ofrece en la calibración y validación de los modelos dentro del proceso de microsimulación.

Referencias

Acha, J.A.; Moreno, M.A. ; Martínez, J.J. (2020). *Análisis de colas en autopistas de cuota en México. Publicación Técnica no. 609*. Sanfandila: SCT.

- Al-Msari, H., Koting, S., Ahmed, A., & El-Shafie, A. (2024). Review of driving-behaviour simulation: VISSIM and artificial intelligence approach. *Heliyon*, 10(4), e25936. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e25936
- Álvarez, P., Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J., Pang, Y., Hilbrich, R., . . . Wießner, E. (2018). 2018 21.^a Conferencia Internacional sobre Sistemas de Transporte Inteligentes (ITSC). *Simulación de tráfico microscópico utilizando SUMO* (págs. 2575-2582). Maui: IEEE. doi:10.1109/ITSC.2018.8569938
- Bamdad Mehrabani, B., Sgambi, L., Maerivoet, S., & Snelder, M. (2023). Conferencia de usuarios de SUMO 2023. *Desarrollo, calibración y validación de un modelo de simulación de tráfico a gran escala: red de carreteras de Bélgica*. 4, págs. 15-27. Berlin: Centro Aeroespacial Alemán. doi:10.52825/scp.v4i.199
- Cadar, R., Boitor, M., & Dumitrescu, M. (2017). Effects of traffic volumes on accidents: the case of Romania's National Roads. *Geographia Technica*, 12(2), 20-29. doi:10.21163/GT_2017.122.03
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. (Novena ed.). Ciudad de México: Alfaomega.
- Casanova, W., Sarmiento, I., Gómez, N., Abarca, E., & Mendoza, A. (2020). *Recomendaciones para mejorar la seguridad vial en el tramo comprendido entre el kilómetro 3+000 y el kilómetro 12+000 de la carretera estatal 431 El Colorado Galindo*. San Fandila: IMT. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt600.pdf>
- Cuevas, A., & Silva, M. (2025). *Anuario estadístico de colisiones en carreteras federales, 2024*. Querétaro, México: IMT. Obtenido de <https://imt.mx/descarga-archivo.html?l=YXJjaGl2b3MvUHVibGJjYWNpb25lcy9Eb2N1bWVudG9UZWNuaWNvL2R0OTYucGRm>
- Dalaff, C., Ebendt, R., Erdmann, J., Gurczik, G., y Tcheumadjeu, L. (2013). SUMO2013: la primera conferencia de usuarios de SUMO. Evaluación comparativa de los resultados de simulación de tráfico generado por SUMO basados en la estadística GEH. Berlín: German Aerospace Center. https://www.researchgate.net/publication/259897967_Benchmarking_SUMO_Generated_Traffic_Simulation_Results_Based_on_GEH_Statistic
- Ejército, P., Nebrija, K., Fera, R., & Figueroa, L. (2017). Revisión de software de simulación de tráfico. *Octava Conferencia Internacional sobre Información, Inteligencia, Sistemas y*

- Aplicaciones (IISA)* (págs. 1-4). Lárnaca: IISA.
doi:10.1109/IISA.2017.8316415.
- García, E., & Casanova, W. (2025). Microsimulación aplicada para la mejora de niveles de servicio en carreteras. *Vías terrestres*(95), 35-44. Obtenido de https://issuu.com/viasterrestres/docs/v_as_terrestres_95?fr=xKAE9_zU1NQ
- García, E., Cuevas, A., & Casanova, W. (2024). Correlación entre valores medios de volumen vehicular y siniestros en carreteras federales. *Nthe*(44), 38 - 49. Obtenido de https://nthe.mx/NTHE_v2/pdfRevistas/Nthe44.pdf
- Google Earth. (2025). *Mapa del Libramiento de Celaya*. Google.
- Høye, A., & Hesjevoll, I. (2020). Traffic volume and crashes and how crash and road characteristics affect their relationship – A meta-analysis. *Accident analysis and prevention*, 145. doi:10.1016/j.aap.2020.105668.
- Lashkari, M., Narulkar, S., & Kaushal, S. (2023). A review paper on examining traffic operations at multi-legged intersection operating under heterogeneous traffic conditions. *Internacional Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(12). doi:10.56726/IRJMETS47615
- PTV GmbH. (2022). *PTV Vissim 2022. User Manual*. Karlsruhe: PTV GmbH.
- Schweizer, J., Poliziani, C., Rupi, F., Morgano, D., & Magi, M. (2021). Building a Large-Scale Micro-Simulation Transport Scenario Using Big Data. *International Journal of Geo-Information*, 10(3), 165. doi:10.3390/ijgi10030165
- TRB. (2016). *Highway capacity manual: a guide for multimodal mobility* (Sexta ed.). Washington, D.C., Estados Unidos: The National Academies Press.
doi:<https://doi.org/10.17226/24798>
- United Nations General Assembly. (2020). *A/RES/74/299. Resolution adopted by the General Assembly on 31 August 2020* (pág. 5). Nueva York: United Nations General Assembly.
- Wang, C., Quddus, M., & Ison, E. (2013). A spatio-temporal analysis of the impact of congestion on traffic safety on major roads in the uk. *Transportmetrica A*, 9(2), 124-148. doi:10.1080/18128602.2010.538871
- World Health Organization. (2022). *Preventing injuries and violence: an overview*. Ginebra: World Health Organization. Obtenido de <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/61d409eb-68c6-4e20-8d5b-a1ce82819b83/content>
- World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety 2023*. Ginebra: World Health Organization. Obtenido de <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/46275f9f-ef66-4892-8ddd-a496ef8c1b74/content>
- Ziemska, M., & Osuch, D. (2022). Modeling the Assessment of Intersections with Traffic Lights and the Significance Level of the Number of Pedestrians in Microsimulation Models Based on the PTV Vissim Tool. *Sustainability*, 14(14), 8945. doi:10.3390/su14148945

Experiencias adversas en la infancia y sus implicaciones en la severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana en estudiantes universitarios

Ximena Velasco Rivas¹ ximena.velasco@anahuac.mx, Jéssica Hernández Contreras¹ jessica.hernandez19@anahuac.mx, Vida Olin García González¹ vida.garcia@anahuac.mx, Jesús Adrián Figueroa Hernández¹ adrian.figueroa@anahuac.mx

¹Universidad Anáhuac Puebla

Resumen

La presente investigación es un estudio transversal y correlacional, realizado con 200 estudiantes universitarios de Puebla (65.5% mujeres, predominantemente de 18 a 20 años y de universidades privadas), tuvo como objetivo analizar la relación entre las experiencias adversas en la infancia (EAI) y la severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana. Mediante un muestreo no probabilístico, se aplicaron el Cuestionario de EAI y la Prueba ASSIST para medir las variables sin intervención experimental. Los resultados mostraron correlaciones positivas y significativas entre el consumo de las distintas sustancias, destacando la asociación alcohol-tabaco (0.518). En cuanto a la relación con las EAI, se encontraron correlaciones bajas pero significativas con el alcohol (0.210), la marihuana (0.195) y el tabaco (0.185) en la muestra total. Sin embargo, al analizar por sexo, las mujeres presentaron correlaciones significativas entre EAI y las tres sustancias (especialmente marihuana, 0.274), mientras que en los hombres las correlaciones no fueron estadísticamente significativas. Se concluye que existe una relación positiva, aunque modesta, entre las experiencias adversas tempranas y la severidad del consumo en universitarios, con diferencias importantes por sexo que sugieren una mayor vulnerabilidad femenina. Estos hallazgos, que coinciden con la literatura sobre el impacto de la violencia infantil en el desarrollo de estrategias de afrontamiento disfuncionales, subrayan la necesidad de implementar programas preventivos en entornos universitarios y de incluir enfoques familiares en las intervenciones clínicas. Se recomienda que futuras investigaciones consideren muestras clínicas para evitar la posible subestimación de la severidad del consumo en población no clínica.

Palabras clave: Experiencias adversas en la infancia, severidad de consumo, consumo de sustancias

Abstract

This research is a cross-sectional and correlational study conducted with 200 university students from Puebla (65.5% women, predominantly aged 18 to 20 and from private universities). Its objective was to analyze the relationship between adverse childhood experiences (ACEs) and the severity of alcohol, tobacco, and marijuana use. Using non-probability sampling, the ACE Questionnaire and the ASSIST Test were applied to measure the variables without experimental intervention. The results showed positive and significant correlations between the use of different substances, notably the alcohol-tobacco association (0.518). Regarding the relationship with ACEs, low but significant correlations were found with alcohol (0.210), marijuana (0.195), and tobacco (0.185) in the total sample. However, when analyzing by sex, women presented significant correlations between ACEs and all three substances (especially marijuana, 0.274), while in men, the correlations were not statistically significant. It is concluded that there is a positive, albeit modest, relationship between early adverse experiences and the severity of substance use among university students, with important sex differences suggesting greater female vulnerability. These findings, which align with the literature on the impact of childhood violence on the development of dysfunctional coping strategies, underscore the need to implement preventive programs in university settings and to include family approaches in clinical interventions. It is recommended that future research consider clinical samples to avoid the potential underestimation of consumption severity in non-clinical populations.

Key words: Adverse childhood experience, severity of substance use, substance use

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe una alta prevalencia en el consumo de drogas entre adultos jóvenes a nivel mundial. En el caso de Latinoamérica, se ha observado un consumo elevado entre estudiantes universitarios de 18 a 24 años, tanto de sustancias legales como ilegales (Pardo et al., 2025). En México, la Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco ENCODAT 2025 (Comisión Nacional de Salud Mental y Adicciones et al., 2025) ha evidenciado un aumento sostenido en el consumo de sustancias. Por ejemplo, la Encuesta Nacional de Adicciones 2011 reportó que 44.3% de los hombres y 19.7% de las mujeres consumieron alcohol en el último mes, mientras que en la ENCODAT 2016 estas cifras se incrementaron a 48.1% y 24.4%, respectivamente. Asimismo, el consumo excesivo mensual pasó de 20.9% en hombres y 4.1% en mujeres en 2011, a 29.9% y 10.3% en 2016, lo que evidencia una tendencia creciente, particularmente en mujeres y adolescentes. Sin embargo, los datos específicos sobre el consumo en poblaciones universitarias siguen siendo escasos, a pesar de que la condición de estudiante universitario ha sido reconocida como un factor de riesgo debido a que se encuentran en los años formativos (Ordoñez et al., 2025).

En México, la violencia asociada al crimen organizado y al narcotráfico ha tenido repercusiones no solo en la seguridad pública, sino también en la salud de la población. A partir del inicio de la llamada “guerra contra las drogas” en 2006, los homicidios aumentaron de manera importante, lo que generó contextos de miedo, inseguridad y deterioro del bienestar psicológico en amplios sectores de la sociedad. La evidencia epidemiológica muestra que los incrementos en las tasas de homicidio se asocian con aumentos en las llamadas “muertes por desesperación”, particularmente aquellas relacionadas con el consumo de alcohol, lo que sugiere una estrecha relación entre violencia estructural, salud mental y uso de sustancias (Das et al., 2025).

La adicción, de acuerdo con Guimaraes & Marzetti (2020), es un síndrome de características comportamentales y psicológicas expresadas de forma particular en cada sujeto, donde predomina un uso disfuncional, dependencia y síndrome de abstinencia con relación a las sustancias.

Una vez que el consumo de sustancias se consolida como un trastorno, es posible estimar su severidad y, a partir de ello, determinar el nivel de atención clínica requerido. La gravedad del trastorno por consumo de sustancias se concibe actualmente como un continuo, definido por la frecuencia e intensidad del consumo, el tipo de sustancia involucrada y el grado de deterioro funcional asociado. En este sentido, la severidad se expresa a través de la presencia y acumulación de síntomas clínicos —como pérdida de control, consumo persistente pese a consecuencias negativas y afectación en áreas sociales, académicas o de salud—, los cuales pueden ser evaluados de manera sistemática mediante instrumentos psicométricos estandarizados. (Matson et al., 2023).

La problemática del abuso de sustancias específicamente en la población universitaria tiene una importancia considerable, pues los accidentes y el suicidio son las primeras causas de muerte en adultos jóvenes (Mongan et al., 2025). Y ambas están relacionadas con el consumo de sustancias. Aunado a esto, el continuar estudiando el comportamiento de estas variables específicamente en adultos jóvenes podría contribuir a la creación de campañas y programas de atención que puedan apoyar a la población universitaria con este tipo de problema (Ordoñez et al., 2025).

Este fenómeno genera efectos adversos en la salud física y mental de los estudiantes, así como en el entorno académico en su conjunto, y conlleva implicaciones sociales significativas. Algunas consecuencias incluyen el ausentismo dentro del trabajo y/o escuela, bajo rendimiento y productividad, así como secuelas cognitivas. Además, el consumo puede ir acompañado de un conjunto de conductas de alto riesgo, principalmente relacionadas al consumo de bebidas alcohólicas (Carrascoza, 2022). Cuando se instaura la adicción, las consecuencias escalan a una

baja autoestima, disolución del núcleo familiar, violencia, rechazo social, problemas económicos, en la escuela o trabajo, accidentes, bajo rendimiento y productividad (Ordoñez et al., 2025).

Según la Encuesta Nacional de Adicciones (ENCODAT, 2025), el fenómeno presenta una evolución preocupante, caracterizada por un aumento en la frecuencia del consumo y una disminución en las edades de inicio. Esto se relaciona, en parte, con la percepción que los jóvenes tienen sobre el uso de sustancias, ya que suelen minimizar sus posibles efectos y consecuencias. Además, el consumo tiende a considerarse como una actividad “recreativa”, frecuentemente asociada con las noches y los fines de semana, lo que en ocasiones se acompaña de conductas de riesgo (Ordoñez et al., 2025).

De acuerdo con los resultados mostrados por la Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco realizado en el 2025 (ENCODAT), se ha visto un aumento en el consumo de sustancias con respecto a años anteriores, resaltando la importancia y necesidad presente de ampliar la política de prevención y tratamiento, específicamente dirigido en acciones para la población adulta joven (Secretaría de Salud et al., 2016). Adicionalmente, se reconoce que hay un mayor grado de complicación dentro del consumo de las drogas legales, alcohol y tabaco, debido a que son sustancias aceptadas socialmente, tienen un fuerte arraigo en la sociedad y están altamente presentes en reuniones sociales (Carrascoza, 2022).

A pesar de que los factores causales del consumo de sustancias psicoactivas involucran diversos aspectos —cognitivos, emocionales, familiares y socioeconómicos—, estudios han evidenciado que, incluso conociendo las consecuencias negativas del consumo, muchas personas continúan. Los participantes de estas investigaciones señalan que perciben el consumo como una experiencia agradable y afirman que les ayuda a reducir el estrés, facilitar la socialización y mejorar su estado de ánimo mientras están bajo sus efectos, aunque tales percepciones no correspondan con los efectos reales que estas

sustancias generan en el individuo (Landeros et al., 2021).

La evidencia empírica reciente continúa mostrando asociaciones consistentes entre las experiencias adversas en la infancia y el desarrollo posterior de conductas adictivas. Estudios longitudinales han documentado que la experimentación de eventos adversos tempranos se relaciona de manera dosis-respuesta con un mayor riesgo de consumo problemático de alcohol y otras drogas en la adultez temprana. En particular, se ha observado que los individuos expuestos a múltiples experiencias adversas presentan probabilidades significativamente más elevadas de recurrir al consumo de sustancias, incluso años después de ocurridos los eventos traumáticos. Estos hallazgos sugieren que el uso de sustancias puede operar como una estrategia de afrontamiento disfuncional frente a las secuelas emocionales del trauma infantil, aun cuando dicho consumo conlleve consecuencias negativas a nivel social, académico o de salud. (Mongan et al., 2025).

Al entender que el consumo de sustancias constituye un problema de salud pública, y, por tanto, de carácter multifactorial, resulta pertinente rastrear las experiencias comunes que subyacen al abuso de sustancias a partir del análisis de las primeras vivencias del sujeto durante la infancia. De manera consistente, se ha observado que el maltrato infantil reduce significativamente la calidad de vida relacionada con la salud física y mental (Zhang et al., 2025).

Las experiencias adversas en la infancia (EAI) se refieren a la exposición a eventos potencialmente traumáticos durante la niñez, frente a los cuales el infante no cuenta con las herramientas necesarias para afrontarlos adecuadamente (Nevárez & Ochoa, 2022).

Las experiencias adversas en la infancia se subdividen de la siguiente manera: a) cuestiones perjudiciales o dañinas por las experiencias negativas o por la falta de eventos positivos; b) cronicidad por la repetición frecuente y prolongada; c) efecto angustiante debido a la constante exposición al estrés; d) acumulación de múltiples experiencias que pueden suceder al mismo

tiempo; e) variación en cuanto a su severidad ya que el abuso sexual, psicológico y físico se consideran más severos; sin embargo, la exposición a un ambiente violento o al consumo de sustancias por parte de los padres tienen un efecto en el desarrollo muy similar al de otras formas de adversidad (Nevárez & Ochoa, 2022).

No obstante, de acuerdo con la revisión sistemática realizada por Guimaraes y Marzetti (2020), la relación entre adicción y violencia no suele investigarse de manera adecuada debido a la parcialidad, rigidez o prejuicios sociales que rodean ambas problemáticas. En la mayoría de los estudios, la violencia suele interpretarse como causa del consumo excesivo que deriva en crímenes y muertes; mientras que, en otros casos, se argumenta que los problemas de violencia justifican, en cierta medida, los actos delictivos a partir de las carencias o dificultades vividas durante la infancia. Por ello, en la presente investigación se propone centrar el análisis en dos variables específicas: La severidad del consumo y las experiencias adversas en la infancia, con el fin de reducir los sesgos presentes en investigaciones anteriores. Esto resulta relevante, ya que se ha demostrado que la violencia y la adicción se vinculan, de forma directa o indirecta, como factores de transmisión intergeneracional con un papel significativo en la formación de la personalidad (Guimaraes & Marzetti, 2020).

Es por ello que, a lo largo de este estudio, se analizará y explicará la correlación entre haber vivido experiencias adversas en la infancia con la severidad del consumo posterior de alcohol, tabaco y marihuana en estudiantes universitarios en Puebla; donde además se identificará la prevalencia de dichas experiencias adversas en la infancia en estudiantes universitarios, así como medir la severidad del consumo de alcohol, marihuana y tabaco en la población previamente mencionada.

Método

Participantes

La muestra de este estudio estuvo conformada por 200 estudiantes universitarios del estado de Puebla que cumplían con la mayoría de edad, de los cuales 131 (65.5%) eran mujeres y 69 (34.5%) hombres.

La selección de los participantes se llevó a cabo en diversas universidades del estado de Puebla, México. De las distintas instituciones a las que se tuvo acceso para la realización del estudio, el 69% de la muestra forma parte de la *Universidad Anáhuac Puebla* (UAP), el 3.5% de la *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla* (UPAEP), el 2% de la *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla* (BUAP) y el 22% de “Otra”.

El muestreo se realizó mediante un método no probabilístico por conveniencia, considerando la disponibilidad y disposición de las personas para participar en el estudio.

Esta investigación es de tipo transversal, ya que se efectuó en un único momento temporal, con el propósito de identificar la correlación entre las variables: experiencias adversas en la infancia y el consumo de alcohol, tabaco y marihuana en la edad adulta.

Asimismo, el estudio es de tipo no experimental y correlacional, ya que no se manipularon las variables ni se asignaron a los participantes grupos de tratamiento o control. La investigación se centró en observar la relación entre estas variables sin intervenir en los procesos naturales de los participantes. Para la recolección de datos sobre las experiencias adversas en la infancia y la severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana, se aplicaron herramientas psicométricas.

Instrumentos

Para esta investigación se utilizó la *Prueba de Detección de Consumo de Alcohol, Tabaco y Sustancias* (Alcohol, Smoking and Substance

Involvement Screening Test [ASSIST]), desarrollada por la *Organización Mundial de la Salud* (OMS) para su aplicación en distintos países. Este instrumento cuenta con un manual en español elaborado en colaboración con la *Organización Panamericana de la Salud* (OPS). La prueba consiste en un cuestionario de ocho preguntas con diez incisos que evalúan el consumo de diversas sustancias (OMS, 2011).

En 2016, la prueba fue validada en población mexicana por la *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM) en conjunto con el *Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz*, donde se analizó su fiabilidad mediante el coeficiente de consistencia interna *Alfa de Cronbach*: tabaco ($\alpha = 0.83$), alcohol ($\alpha = 0.76$) y marihuana ($\alpha = 0.73$). Los resultados confirmaron que la versión autoaplicable del *ASSIST* es un instrumento de cribado válido, sensible y adecuado para identificar riesgos asociados al consumo de sustancias en población mexicana (Tiburcio Sainz et al., 2016).

Es importante destacar que, para los fines de la presente investigación, únicamente se emplearon las subescalas correspondientes al consumo de alcohol, tabaco y marihuana.

Además, para medir la variable experiencias adversas en la infancia, se utilizó el *Cuestionario de Experiencias Adversas en la Infancia* (EAI), un autoinforme compuesto por 10 ítems cuyo propósito es valorar de manera retrospectiva la exposición a posibles situaciones traumáticas ocurridas desde el nacimiento hasta los 18 años (Anda et al., 1998). Diseñado en el ámbito de la salud pública, este cuestionario evalúa dos grandes categorías de experiencias adversas durante la niñez: el abuso y la negligencia, así como la disfunción en el entorno familiar.

La confiabilidad del instrumento fue confirmada específicamente en muestras mexicanas mediante la fórmula de *Spearman-Brown* y el método de división por mitades, obteniéndose un coeficiente $r = 0.73$ en ambos casos. Asimismo, el *Coficiente de dos mitades de Guttman* arrojó un valor $r = 0.72$. Por otro lado, la validez de contenido del instrumento mostró

un intervalo de confianza del 95% (Nevárez & Ochoa, 2022).

Procedimiento

Se contactó a estudiantes universitarios de distintas instituciones del estado de Puebla que contaban con la mayoría de edad. La evaluación se aplicó mediante cuestionarios electrónicos, los cuales se difundieron a través de medios digitales y por referencia directa (voz a voz) de manera presencial en las universidades.

Posteriormente se procedió a obtener el consentimiento informado de los participantes. Se explicó claramente el objetivo del estudio, el procedimiento de las pruebas, los derechos de los participantes (incluyendo la confidencialidad y la voluntariedad) y se les aseguró que pueden retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

Una vez finalizadas las evaluaciones, se procedió a la recopilación de los datos obtenidos y a su análisis estadístico. A lo largo de todo el proceso, se mantuvieron los más altos estándares éticos. Los participantes tuvieron acceso a apoyo psicológico en el caso de presentar dificultades emocionales relacionadas con la rememoración de experiencias adversas en la infancia. Además, los datos fueron manejados de manera confidencial y se garantizó la anonimidad de los participantes en todas las etapas del estudio.

Las respuestas de los participantes recopilados mediante *Microsoft Forms* fueron descargadas en una hoja de cálculo de *Excel* para su posterior análisis. Con el propósito de interpretar los datos en el programa estadístico *JASP*, se procedió a codificar las respuestas en dicha hoja de cálculo.

Para las variables cuantitativas, se realizaron análisis descriptivos, incluyendo el cálculo de medias y desviaciones típicas, con el objetivo de obtener una visión general de la distribución de los datos. Finalmente, se efectuó un análisis de correlación entre las variables *experiencias adversas en la infancia* y *severidad del consumo de alcohol, tabaco y marihuana*, empleando el coeficiente de correlación

de *Spearman-Brown*, con el fin de determinar la existencia de relaciones significativas entre ellas.

Resultados

En la Tabla 1, se muestra la distribución en base a las características sociodemográficas de la muestra poblacional incluida en este estudio, en base a su sexo y grupo de edad perteneciente. Del total de la muestra (n=200), el 65.5% (n=131) fueron mujeres, siendo el grupo de edades más grande de 18 a 20 años representando al 42.5% (n=85) de la muestra y el tercer grupo más grande de toda la muestra comprendiendo la edad de los 21 a los 23, el cual representa el 17% (n=34) del estudio. Por otro lado, el 34.5% (n=69) fueron hombres, donde el grupo más grande de dicho sector fue del 23.5% (n=47), el cual abarca de los 18 a los 20 años. Sin embargo, consideramos importante resaltar que la mayoría de la muestra proviene de estudiantes de universidades privadas del Estado de Puebla.

Tabla 1. Características sociodemográficas de la muestra

	Hombres	%	Mujeres	%
18 a 20 años	47	23.5%	85	42.5%
21 a 23 años	18	9%	34	17%
24 a 26 años	2	1%	11	5.5%
Mayores de 27 años	2	1%	1	0.5%
Total	69	34.5%	131	65.5%

En la tabla 2, podemos ver la fuerza de las correlaciones entre los resultados de la Prueba de Detección de Consumo de Alcohol, Tabaco y Sustancias (ASSIST) en estudiantes universitarios, el cual nos proporciona una idea sobre los hábitos de consumo en este sector poblacional. La tabla muestra que la correlación es positiva, moderada y estadísticamente significativa entre el alcohol y el tabaco, siendo de 0.518; lo cual nos refiere que existe una probabilidad moderada del consumo de alcohol coincida con el consumo de tabaco.

De igual forma, el tabaco y la marihuana presentan una correlación positiva, moderada y estadísticamente significativa de 0.447; donde refleja la probabilidad

moderada del consumo de tabaco coincida con el consumo de tabaco. Empero, la correlación entre alcohol y marihuana es positiva, baja y significativa con un puntaje de 0.336 de dichas sustancias; reflejando que hay una menor probabilidad de que las dos sustancias coincidan en su consumo.

Tabla 2. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la prueba de detección de consumo de alcohol, tabaco y sustancias (ASSIST) en estudiantes universitarios de Puebla

	Severidad Alcohol	Severidad Tabaco	Severidad Marihuana
Severidad Alcohol	-	0.518***	0.336***
Severidad Tabaco	0.518***	-	0.447***
Severidad Marihuana	0.336***	0.447***	-

En la población masculina universitaria (n=69), la muestra reflejó una correlación positiva, moderada y significativa en el consumo de alcohol-tabaco y de tabaco-marihuana, teniendo valores de 0.621 y 0.453 respectivamente; por el lado del consumo de las sustancias alcohol-marihuana tiene una correlación positiva, baja y significativa de 0.372. Estos resultados coinciden con el de la muestra total de la población (n=200).

Tabla 3. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la prueba de detección de consumo de alcohol, tabaco y sustancias (ASSIST) en estudiantes masculinos

	Severidad Alcohol	Severidad Tabaco	Severidad Marihuana
Severidad Alcohol	-	0.621***	0.372**
Severidad Tabaco	0.621***	-	0.453***
Severidad Marihuana	0.372**	0.453***	-

Sin embargo, en la muestra femenina (n=131) podemos ver ligeros cambios dentro de la conducta de consumo donde las sustancias alcohol-tabaco tienen

una correlación positiva, moderada y significativa de 0.403; pero el consumo de tabaco-marihuana y de alcohol-marihuana presentan una correlación positiva, baja y significativa con valores de 0.352 y 0.290 respectivamente. Esto quiere decir que en las mujeres, hay una menor probabilidad de que coincida el consumo de tabaco y marihuana comparada a la población masculina.

Tabla 4. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la prueba de detección de consumo de alcohol, tabaco y sustancias (ASSIST) en estudiantes femeninas universitarias de Puebla

	Severidad Alcohol	Severidad Tabaco	Severidad Marihuana
Severidad Alcohol	-	0.403***	0.290***
Severidad Tabaco	0.403***	-	0.352***
Severidad Marihuana	0.290***	0.352***	-

En la tabla 5, podemos ver la correlación que tiene las experiencias adversas en la infancia con la severidad del consumo de las sustancias evaluadas con el ASSIST. Como resultado podemos observar que el alcohol tiene una correlación positiva, baja y significativa, de 0.210, en relación con el haber experimentado experiencias adversas en la infancia. Por otro lado, el consumo de marihuana y tabaco presentaron una correlación positiva, muy baja y significativa sobre dichas vivencias, con valores de 0.195 y de 0.185 respectivamente. Lo cual indica que el haber experimentado experiencias adversas a lo largo de la infancia puede tener un bajo impacto en la severidad del alcohol y un muy bajo impacto en la severidad del consumo de tabaco y marihuana.

Tabla 5. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la Prueba de Detección de Consumo de Alcohol, Tabaco y Sustancias (ASSIST) y Cuestionario de Experiencias Adversas en la Infancia (EAI) en estudiantes universitarios de Puebla

	EAI	p
Severidad Alcohol	0.210**	.003
Severidad Tabaco	0.185**	.009
Severidad Marihuana	0.195**	.006

Sin embargo, al momento de analizar únicamente a la población masculina de la muestra, todas las sustancias presentan correlaciones positivas, muy bajas y no significativas, siendo de 0.145 la de marihuana, 0.054 la del alcohol y 0.002 la del tabaco. Queriendo decir que no se encontraron relación entre dichas variables por lo que otros aspectos pudieron influir en los resultados, lo cual se analizará en la discusión.

Tabla 6. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la Prueba de Detección de Consumo de Alcohol, Tabaco y Sustancias (ASSIST) y Cuestionario de Experiencias Adversas en la Infancia (EAI) en estudiantes masculinos universitarios de Puebla

	EAI	p
Severidad Alcohol	0.054	.660
Severidad Tabaco	0.002	.986
Severidad Marihuana	0.145	.238

Por el otro lado, dentro de la población femenina de la muestra se encontró que hay una correlación positiva, baja y significativa entre las experiencias adversas en la infancia y el consumo de marihuana y alcohol, con los valores de 0.274 y 0.258 respectivamente; además, de una correlación positiva, muy baja y significativa entre dichas experiencias y consumo de tabaco con una puntuación de 0.185. En esta tabla, comparándola con la muestra total, podemos ver que hay un aumento en la marihuana, siendo esta la que tiene una mayor fuerza.

Tabla 7. Prueba de Correlación de Spearman entre los resultados por sustancias medidos por la Prueba de Detección de Consumo de Alcohol, Tabaco y Sustancias (ASSIST) y Cuestionario de Experiencias Adversas en la Infancia (EAI) en estudiantes femeninas universitarias de Puebla

	EAI	p
Severidad Alcohol	0.258**	.003
Severidad Tabaco	0.182*	.038
Severidad Marihuana	0.274**	.002

Discusión

En concordancia con la revisión de la literatura, los resultados de la presente investigación coinciden con los hallazgos de Mesa-Gresa & Moya-Albiol (2011), quienes evidenciaron la coexistencia entre haber experimentado violencia en la infancia y el deterioro de la calidad de vida. Asimismo, el estudio de Nevárez & Ochoa (2022) establece una relación directa entre el consumo de sustancias y el incremento de la violencia intrafamiliar, lo cual, a su vez, aumenta la probabilidad de que los niños experimenten adversidades durante su desarrollo.

Por su parte, Guimaraes & Marzetti (2020) encontraron que la violencia y la adicción se vinculan, de forma directa o indirecta, como factores de transmisión intergeneracional, desempeñando un papel fundamental en la formación de la personalidad. Sus hallazgos refuerzan la importancia de estudiar la relación cíclica entre el consumo de sustancias y la violencia, ya que, según lo reportado por Blanco (2021), haber vivido experiencias adversas en la infancia incrementa la tendencia a recurrir al consumo de sustancias adictivas como una estrategia de afrontamiento, independientemente de sus efectos secundarios o consecuencias sociales negativas. De igual manera, Blanco (2021) señalan una asociación entre el trauma infantil, la violencia y los comportamientos adictivos, con lo cual la presente investigación mantiene congruencia y continuidad respecto a dichos hallazgos.

La teorización sobre las posibles causas del consumo de sustancias en jóvenes podría contribuir a una mejor comprensión y atención de esta problemática social. En esta línea, Ordoñez et al. (2011) destacan la misma oportunidad. No obstante, la escasez de investigaciones en este ámbito podría estar limitando las estrategias de prevención e intervención frente a estas problemáticas de salud social en jóvenes universitarios de México.

En relación con las diferencias observadas entre hombres y mujeres, los resultados de la presente investigación sugieren que las experiencias adversas en la infancia se asocian de manera más consistente

con la severidad del consumo en la población femenina. Este hallazgo puede interpretarse a la luz de la literatura revisada, la cual plantea que las vivencias tempranas de violencia o disfunción familiar influyen en el desarrollo de estrategias de afrontamiento emocional a lo largo del ciclo vital (Guimaraes & Marzetti, 2020).

En este sentido, es posible que las mujeres presenten una mayor tendencia a internalizar el malestar psicológico derivado de dichas experiencias, lo que incrementaría la probabilidad de recurrir al consumo de sustancias como una estrategia de regulación emocional. Asimismo, se ha señalado que el trauma infantil puede afectar la maduración emocional y la capacidad de afrontamiento, favoreciendo conductas adictivas en etapas posteriores de la vida (Blanco, 2021).

De este modo, las correlaciones significativas encontradas en la muestra femenina podrían reflejar una mayor sensibilidad a los efectos de las experiencias adversas tempranas, en comparación con los hombres, cuyos patrones de consumo podrían estar más influenciados por factores sociales, culturales o conductuales distintos a las experiencias infantiles, tal como sugieren los modelos de transmisión intergeneracional de la violencia y la adicción (Guimaraes & Marzetti, 2020).

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten situar los hallazgos de esta investigación dentro de un marco más amplio que integra la evidencia previa sobre las experiencias adversas en la infancia (EAI) y su relación con el consumo problemático de sustancias en la adultez joven. Tal como señalan Mesa-Gresa & Moya-Albiol (2011), la exposición temprana a situaciones de violencia tiene efectos persistentes en el bienestar psicológico, lo cual coincide con la tendencia observada en la presente muestra, donde la presencia de EAI se relaciona con patrones de consumo que pueden evolucionar hacia mayor severidad. De igual forma, lo reportado por Nevárez & Ochoa (2022) respecto a la asociación entre ambientes familiares disfuncionales y riesgos posteriores se refleja en los

datos obtenidos, reforzando la importancia de entender las experiencias infantiles no solo como antecedentes, sino como factores que modulan los estilos de afrontamiento durante la vida universitaria.

Asimismo, los hallazgos se articulan con los planteamientos de Guimaraes & Marzetti (2020), quienes argumentan que la violencia y la adicción operan en un ciclo intergeneracional. A partir de ello, se entiende que la maduración emocional, la capacidad de regulación afectiva y las estrategias de afrontamiento pueden verse comprometidas en quienes han experimentado adversidades tempranas. Esto se alinea con la explicación propuesta por Blanco (2021), quienes sugieren que el consumo de sustancias puede constituir una estrategia para manejar el malestar asociado a vivencias traumáticas, incluso cuando esto conlleva consecuencias negativas. En este sentido, la correlación encontrada entre EAI y el consumo de alcohol, tabaco y marihuana refuerza la pertinencia de continuar estudiando estas dinámicas en poblaciones universitarias.

No obstante, es importante destacar que el presente estudio se realizó con una muestra de población no clínica. Esto implica que los participantes no se encontraban en tratamiento de rehabilitación ni presentaban un diagnóstico formal relacionado con el consumo de sustancias, lo cual probablemente condujo a una subestimación de la severidad del consumo, especialmente si se considera que muchas personas tienden a minimizar o normalizar el impacto de estas sustancias en la vida cotidiana (Ahumada-Cortez et al., 2024). Esta condición delimita el alcance de los hallazgos e invita a considerar muestras clínicas en investigaciones futuras para obtener estimaciones más precisas y representativas de la dinámica adicción-experiencias adversas.

A partir de los resultados obtenidos y de la literatura revisada, se considera fundamental que futuras investigaciones aborden este fenómeno desde metodologías explicativas que permitan no solo corroborar relaciones entre variables, sino identificar los mecanismos causales que vinculan las EAI, la severidad del consumo y los patrones de

afrontamiento emocional. La comprensión profunda de estos procesos abriría nuevas posibilidades para enriquecer la investigación fenomenológica, particularmente en relación con cómo los jóvenes experimentan, interpretan y significan tanto sus vivencias tempranas como su conducta de consumo.

De igual manera, los resultados abren oportunidades relevantes para el diseño de estrategias preventivas dirigidas a poblaciones infantiles y universitarias. Incluir programas que aborden de manera temprana las EAI y sus efectos en la salud mental podría reducir la probabilidad de que estas experiencias deriven en patrones de consumo problemáticos, tal como sugieren Mesa-Gresa & Moya-Albiol (2011) respecto al impacto duradero del maltrato infantil. Además, es pertinente destacar que los entornos universitarios constituyen espacios clave para la detección temprana y la intervención preventiva.

Finalmente, los hallazgos subrayan la importancia de integrar enfoques terapéuticos que trasciendan la atención individual. La literatura ha evidenciado la relevancia del contexto familiar tanto en la aparición de las experiencias adversas como en el mantenimiento o disminución del consumo (Nevárez & Ochoa, 2022; Guimaraes & Marzetti, 2020). Por ello, se propone que los programas de rehabilitación clínica incluyan intervenciones de terapia familiar que aborden dinámicas interpersonales, comunicación, límites y patrones relacionales que pueden perpetuar conductas adictivas. Incluir este componente permitiría una atención más integral y aumentaría la eficacia de los procesos de rehabilitación.

Agradecimientos

El presente artículo fue elaborado por tres estudiantes de séptimo semestre de la Licenciatura en Psicología de la Universidad Anáhuac Puebla: Ximena Velasco Rivas, Jéssica Hernández Contreras y Vida Olin García González. Durante el desarrollo de la investigación y el proceso de redacción, contamos con la orientación del profesor Jesús Adrián Figueroa Hernández, a quien expresamos nuestro agradecimiento por su guía paciente y clara en el ámbito de la metodología de la investigación.

Referencias

- Ahumada-Cortez, J. G., Gámez-Medina, M. E., Valdez-Montero, C., Navarro-Oliva, E. I. P., & Gherardi-Donato, E. C. S. (2024). El proceso de rehabilitación: la experiencia del interno consumidor de drogas. *Index de Enfermería*, 33(4), e15526. Epub 04 de abril de 2025. <https://dx.doi.org/10.58807/indexenferm20247105>
- Anda, R.F., Felitti, V.J., Bremner, J.D., Walker, J.D., Whitfield, C., Perry, B.D., Dube, S.R., & Giles, W.H. (2006). The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood. A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 256(3), 174-86. doi: 10.1007/s00406-005-0624-4
- Blanco Presas, L. (2021). Trauma psicológico y adicciones: prevalencia y tratamiento con desensibilización y reprocesamiento por movimientos oculares (EMDR). *Universitat de Barcelona*. <https://hdl.handle.net/2445/187214>
- Carrascoza Venegas, C. A. (2022). El consumo de drogas en México durante la pandemia del COVID-19: tratamiento y políticas de salud pública. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 25(1), 103-124. <https://www.iztacala.unam.mx/carreras/psicologia/psiclin/vol25num1/Vol25No1Art5.pdf>
- Comisión Nacional de Salud Mental y Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, & Instituto Nacional de Salud Pública. (2025). Metodología de la Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco 2025. *Salud Pública de México*, 67(5), 515–522. <https://doi.org/10.21149/17295>
- Das, A., Lee, E., Ganguli, D., & Bruckner, T. A. (2025). The Mexican drug war: Homicides and deaths of despair, 2000–2020. *Public Health*, 240, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2025.01.011>
- Guimaraes Barros, R. M. D. S., & Marzetti, M. B. (2020). Revisión Sistemática. Adicciones y Violencia Intrafamiliar. *Calidad de Vida y Salud*, 13(ESPECIAL), 42-52. <https://revistacdvs.uflo.edu.ar/index.php/CdVUFLO/article/view/262>
- Landeros Ramírez, P., Gómez Cruz, Z., Núñez-Hernández, A., Medina Lerena, M. S., & Jiménez Plascencia, C. (2021). Consumo de sustancias adictivas en estudiantes de primer ingreso a un Centro Universitario en Jalisco, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 20(2), 1-12. <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/567/385>
- Matson, T. E., Hallgren, K. A., Lapham, G. T., Williams, E. C., et al. (2023). *Psychometric performance of a substance use symptom checklist in primary care*. *JAMA Network Open*, 6(5), e2316283.
- Mongan, D., Millar, S. R., Brennan, M. M., Doyle, A., Galvin, B., & McCarthy, N. (2025). *Associations and mediating factors between adverse childhood experiences and substance use behaviours in early adulthood: A population-based longitudinal study*. *Addictive Behaviors*, 161, 108194. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2024.108194>
- Nevárez Mendoza, B. & Ochoa Meza, G. (2022). Adaptación del Cuestionario de Experiencias Adversas en la infancia en muestras mexicanas. *Psicología y Salud*, 32(2), 203-214. <https://doi.org/10.25009/pys.v32i2.2742>
- Ordoñez Erazo, E, Moreno Rincón, L y Vargas Cruz, A. (2025). Comportamiento de adicción en adolescentes. *Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Psicología, Bogotá*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/61098>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *La prueba de detección de consumo de alcohol, tabaco y sustancias (ASSIST): Manual para uso en la atención primaria* (Organización Panamericana de la Salud [OPS], Trad.). <https://www.paho.org/sites/default/files/consumo-sustancias-Assist-manual.pdf>
- Pardo Ramírez, P. I., Darrás Saavedra, A. M., & Achá Villarroel, A. (2025). Prevalencia y características de consumo de sustancias legales e ilegales en estudiantes de Medicina de la Universidad Privada del Valle: Un estudio de salud pública. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 20(48), 25-33. <https://doi.org/10.52428/20756208.v20i48.1238>
- Rodríguez, M. D. R., Coronado Hernández, M. D. J., Betancourt Esparza, M. C., Díaz Oviedo, A., & Gallegos Martínez, J. (2011). Drogas lícitas e ilícitas: consumo de los estudiantes en una facultad de enfermería. *Enfermería Neurológica*, 10(3), 130-134. <https://www.medigraphic.com/pdfs/enfneu/ene-2011/ene113d.pdf>
- Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública, & Comisión Nacional contra las Adicciones. (2016). Consumo de drogas: Prevalencias globales, tendencias y variaciones estatales. *Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco*, 1-4. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/234856/CONSUMO_DE_DROGAS.pdf
- Tiburcio Sainz, M., Rosete-Mohedano, Ma. G., Natera Rey, G., Martínez Vélez, N. A., Carreño García, S., & Pérez Cisneros, D. (2016). Vista de validez y confiabilidad de la prueba de detección de consumo de alcohol, tabaco y sustancias (ASSIST) en estudiantes universitarios. *Adicciones*, 28(1), 19-27. <https://doi.org/10.20882/adicciones.786>
- Zhang, H., Wang, X., Xia, X., & Wang, M. (2025). *The association between child maltreatment and quality of life: A systematic review and meta-analysis*. *Trauma, Violence, & Abuse*, 15248380251357611. <https://doi.org/10.1177/15248380251357611>

Canal nacional como parque lineal para la sustentabilidad de la ciudad de México

Rafael Trejo Valle

Luis Martín Bañuelos Soto

Enhit Karina Solís Martínez

Correspondencia: rafaeltrejo47@yahoo.com

Facultad de Arquitectura Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

Resumen

La finalidad de esta investigación del Canal Nacional de la ciudad de México es de las zonas de mayor afectación por los hundimientos dentro de la metrópoli, a partir de una cuenca que se encuentra en Xochimilco, para posteriormente, definir un estudio de contaminación y mal uso del agua; así gestar una propuesta del mejoramiento y tratamiento del Canal Nacional, este fenómeno natural es una propuesta con la finalidad de ser ecológico y sustentable el agua.

La ubicación geográfica y geológica del Canal Nacional de la ciudad de México, es un proceso que sufre dos alcaldías, Iztapalapa, Xochimilco, por los escasos de agua. También se incluyen los registros de hundimientos que han presentado en la ciudad a partir del siglo XIX hasta nuestros días, el mal diseño de urbanización, son los motivos que originan este suceso de intervención.

Por otra parte, contraponer el fenómeno de subsidencia con el arte, del diseño una serie de datos técnicos y la perspectiva del Canal Nacional, para así, ejemplificar las consecuencias de los hundimientos y los efectos de mal planificado.

Palabras clave: Áreas, estrategias, urbanas, planeación, Ciudad de México, Coyoacán Iztapalapa canal

Abstract

The purpose of this investigation of the National Canal in Mexico City is to identify the areas most affected by subsidence within the metropolis, starting from a basin located in Xochimilco. Subsequently, a study of water pollution and misuse will be conducted to develop a proposal for the improvement and treatment of the National Canal. This natural phenomenon is addressed with the aim of making water use ecological and sustainable.

The geographical and geological location of the National Canal in Mexico City is a process that affects two boroughs, Iztapalapa and Xochimilco, due to water-related issues. The study also includes records of subsidence that have occurred in the city from the 19th century to the present day. Poor urban design is the reason for this intervention.

Furthermore, the phenomenon of subsidence will be contrasted with the art of design, a series of technical data, and the perspective of the National Canal, in order to illustrate the consequences of subsidence and the effects of poor planning.

Keywords: Areas, strategies, urban, planning, Mexico City, Coyoacán Iztapalapa canal

Introducción

El Canal Nacional constituye una de las huellas prehispánicas más significativas que aún persisten dentro de la ciudad de México en las alcaldías Iztapalapa y Xochimilco, una de la traza urbana de la Ciudad de México. Vestigio del antiguo sistema hidráulico que articulaba la vida social, económica y ambiental del Valle de México, este canal representa no solo un elemento histórico, sino también un valioso corredor ecológico con potencial para fortalecer la sustentabilidad urbana. Sin embargo, el acelerado crecimiento de la mancha urbana y que a su vez se encuentra contaminada y la falta de estrategias integrales de los servidores públicos para su conservación han provocado su deterioro masivo, sin embargo, lo manifestado en contaminación por otra parte, la acumulación de residuos y pérdida de biodiversidad y en varios de sus tramos que nos permitan disfrutar y tener un recorrido placentero a lo largo del canal ya sea en bicicleta o algún otro medio de transporte.

Ante esta problemática, el presente trabajo plantea un plan maestro orientado a la recuperación y manejo de conservación de la diversidad biológica del Canal Nacional como parque lineal, proponiendo lineamientos urbanos, ambientales y sociales que permitan reintegrarlo de manera activa al tejido de la ciudad. Asimismo, se ha desarrollado, a manera de ejercicio académico, un tramo específico a nivel ejecutivo, con el fin de ejemplificar soluciones. Por tal motivo en este trabajo se desarrolló un plan maestro que determina las características y las acciones para el manejo y conservación del Canal Nacional de la Ciudad de México, que impulsen la regeneración ecológica y el aprovechamiento sustentable de este importante patrimonio histórico del medio ambiental.

Metodología

1. Enfoque cuantitativo

La fase cuantitativa se orientó a la identificación de las condiciones físicas y urbanas del área de estudio mediante:

- Levantamiento cartográfico y mapeo temático, con base en información geoespacial proveniente de plataformas oficiales y datos abiertos (INEGI, Sedema, Sistema de Aguas, entre otros).
- Elaboración de mapas sobre:
 - Topografía y micro depresiones.
 - Zonas de encharcamiento y hundimientos.
 - Pozos de extracción y absorción.
 - Edafología y escorrentías.
 - Riesgo de inundación.
 - Uso de suelo, niveles de marginación y densidad poblacional.

Esta información se integró y sistematizó con el apoyo de grupos académicos interdisciplinarios, generando un diagnóstico territorial que orienta las decisiones de diseño y manejo sustentable del canal.

Adicionalmente, se documentó la participación voluntaria en jornadas comunitarias y recorridos de campo coordinados por instituciones académicas y autoridades locales, lo cual permitió obtener datos de primera mano sobre las condiciones actuales del sitio.

Enfoque cualitativo

La dimensión cualitativa del estudio se centró en el análisis de los procesos sociales, normativos y organizacionales que inciden en la gestión del Canal Nacional. Para ello se implementaron:

- Gráficas exploratorias derivadas de entrevistas informales, observación participante y revisión documental.
- Análisis de marcos jurídicos en los que el Canal Nacional figura como espacio reconocido institucionalmente (decretos, planes de desarrollo, recursos legales vigentes).
- Registro de actores clave vinculados con el manejo del canal, incluyendo representantes públicos, organizaciones vecinales y funcionarios electos en la demarcación territorial.

Esta parte permitió identificar barreras y oportunidades para la cooperación institucional, así como los niveles de corresponsabilidad entre autoridades y ciudadanía en torno a la preservación del canal como bien público.

Resultados

Los estudios realizados permitieron generar una propuesta de diseño urbano-arquitectónico y de paisaje con base en los diagnósticos físico-ambientales, sociales y normativos del Canal Nacional. Este diseño se enfoca en consolidar un paseo ecológico sustentable a lo largo del canal, el cual funcione como corredor biocultural, infraestructura verde y espacio público resiliente en la Ciudad de México.

1. Estructura general del diseño

A partir del análisis territorial, se definió un trazado continuo del paseo ecológico sobre las márgenes del Canal Nacional, estructurado en tres componentes principales:

- Recorridos peatonales y ciclovías integradas, diseñadas con materiales permeables y siguiendo criterios de accesibilidad universal.

- Áreas de estancia y contemplación, con mobiliario urbano sustentable, estaciones de sombra, jardinería de bajo consumo hídrico y puntos de interpretación ambiental.
- Núcleos de activación comunitaria, incluyendo miradores, huertos urbanos, módulos educativos, espacios culturales y embarcaderos.

El diseño articula diferentes escalas de intervención (local, barrial y metropolitana), recuperando la vocación histórica del canal como vía de movilidad y conector ecológico entre las alcaldías Coyoacán, Iztapalapa y Xochimilco.

Estrategias para el manejo sustentable del agua

Uno de los ejes transversales del diseño es el aprovechamiento y tratamiento del recurso hídrico, con soluciones basadas en la naturaleza:

- Rehabilitación del cauce del canal como infraestructura verde multifuncional, permitiendo la captación de escurrimientos pluviales y su filtración mediante biozanjas y humedales artificiales.
- Instalación de plantas de tratamiento modulares, ubicadas en puntos estratégicos para garantizar la calidad del agua y permitir su reúso en riego y servicios urbanos.
- Sistemas de recolección de agua de lluvia en techumbres de los núcleos comunitarios, integrados a cisternas y sistemas de filtrado para su aprovechamiento local.
- Paisajismo con especies nativas y adaptadas, seleccionadas por su bajo requerimiento hídrico y su capacidad para regenerar suelos degradados.

Estas estrategias buscan no solo mitigar los riesgos de inundación y contaminación, sino también transformar el canal en un ejemplo de infraestructura ecológica adaptativa ante el cambio climático.

Recuperación del paisaje y valor cultural

El diseño propuesto promueve la restauración ecológica y el reencuentro de la población con su patrimonio:

- Reforestación con vegetación ribereña y corredores polinizadores que fomenten la biodiversidad.
- Integración de memoria histórica y cultural, mediante estaciones interpretativas que rescatan el origen prehispánico del canal y su valor como espacio de identidad territorial.
- Activación de espacios públicos mediante programación sociocultural continua, con enfoque en el arte comunitario, el ecoturismo y la educación ambiental.

Discusión

La propuesta de diseño urbano-arquitectónico y de paisaje para el Canal Nacional confirma el potencial de este espacio como eje estratégico para la sustentabilidad en la Ciudad de México. El proyecto responde a problemáticas identificadas durante el diagnóstico, como el deterioro físico del canal, la pérdida de biodiversidad, el mal manejo del agua y la fragmentación institucional, y plantea una transformación integral mediante soluciones basadas en la naturaleza, participación social y planeación territorial.

Uno de los hallazgos más significativos es la falta de una visión integral que articule la infraestructura hidráulica con el espacio público y el paisaje urbano. El canal, aunque reconocido en algunos instrumentos de planeación y legislación ambiental, ha sido tradicionalmente considerado solo desde una perspectiva hidráulica o de seguridad, lo cual limita su reconversión como un parque lineal multifuncional. En este sentido, el diseño propuesto no solo revaloriza el canal como cuerpo de agua, sino que lo resignifica como infraestructura ecológica, cultural y social.

A nivel social, la participación ciudadana detectada en las jornadas voluntarias y en la apropiación del espacio demuestra que existe un interés genuino de las comunidades locales por recuperar y proteger el Canal Nacional. Sin embargo, también se observa una

desarticulación entre los distintos actores autoridades, organizaciones civiles, vecinos que impide la construcción de un modelo de gobernanza participativa. Esta fragmentación pone en evidencia la necesidad de establecer mecanismos formales de coordinación, transparencia y corresponsabilidad.

Desde el punto de vista del diseño urbano y del paisaje, la propuesta responde a los principios contemporáneos de resiliencia, equidad territorial y conectividad ecológica. Sin embargo, su aplicación exige pensar en escalas de intervención progresivas: desde proyectos piloto en tramos prioritarios hasta su posible ampliación metropolitana. La continuidad del canal a lo largo de diversas alcaldías representa una oportunidad única para generar un eje estructurante del espacio público, pero también implica retos técnicos, políticos y de gestión compartida.

Conclusión

La propuesta de este proyecto, es el aprendizaje he experiencia del reflexionar sobre cómo recuperar infraestructuras históricas en desuso para reactivarlas como elementos clave en la construcción de ciudades más sostenibles, habitables y conscientes del agua como recurso vital. El diseño propuesto es una herramienta proyectual con fundamento técnico y sensibilidad territorial, pero su éxito dependerá de la voluntad colectiva de transformarlo en política pública, espacio educativo y patrimonio común.

El Canal Nacional constituye una de las últimas huellas vivas de la red lacustre prehispánica en la Ciudad de México. A pesar de su valor ambiental, histórico y cultural, ha sido progresivamente olvidado y degradado por el crecimiento urbano desordenado, la contaminación y la falta de una visión integral de su manejo. Este trabajo propone un diseño urbano-arquitectónico y de paisaje que transforme el canal en un paseo ecológico sustentable, capaz de articular espacio público, movilidad no motorizada, restauración ambiental y aprovechamiento responsable del agua. A través de un enfoque multidisciplinario y territorial, se busca rescatar su potencial como infraestructura verde que contribuya a la resiliencia y habitabilidad de la ciudad.

Bibliografía

1. Agencia de Gestión Urbana de la Ciudad de México. (2018). *Proyecto integral de recuperación del Canal Nacional*. Gobierno de la Ciudad de México.
2. Carabias, J., & Provencio, E. (2022). *La política ambiental en México: Logros, limitaciones y retos*. El Colegio de México.
3. Gobierno de la Ciudad de México. (2020). *Programa Ambiental y de Cambio Climático de la Ciudad de México 2019–2024*. Secretaría del Medio Ambiente.
4. López-Morales, E. (2015). *Expansión urbana y conflictos socioambientales en la Ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
5. Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA). (2021). *Estrategia de infraestructura verde para la Ciudad de México*. Gobierno de la Ciudad de México.
6. UNESCO. (2011). *Recomendación sobre el paisaje urbano histórico*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
7. Gobierno del Distrito Federal. (2023). *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal*. Secretaría del Medio Ambiente; Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal.
8. Martínez, D. (2024). *Rescate y saneamiento de las márgenes de Canal Nacional*. Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Sistema de Aguas de la Ciudad de México.
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). *Carta hidrológica de aguas subterráneas. Escala 1:250 000, E14-2*.
10. Bohane, Adrián; Cabral, Enrique; DeMets, Charles; Falorni, Giacomo; Hernández, Antonio; Salazar, Luis; Solano, Darío; Wdowinski, Shimon. (2015) La relación de subsidencia del terreno

IAG ante la pérdida de lenguas indígenas: un estudio de caso

Lic. Laura Alarcón Fabela, estudiante de la Maestría en Estudios Amerindios y Educación Bilingüe de la Universidad Autónoma de Querétaro. Correo: alarconlaura2002@outlook.com

Dra. Paulina Latapí Escalante, docente-investigadora de la Facultad de Filosofía de la Universidad Autónoma de Querétaro. Correo: paulina.latapi@uaq.mx

Resumen

Se analizaron las obras escritas por el profesor rural y escritor náhuatl Pedro Olguín Tekli (1887-1982), desde la categoría de conciencia histórica, con el objetivo de contribuir a comprender la pérdida lingüística en México durante el siglo XX y su relación con la identidad y docencia mediante un estudio de caso. Este trabajo tuvo un enfoque cualitativo y se analizaron nueve obras de los años 1912 a 1972, así como diez entrevistas a personas que le conocieron entre los años 1940 a 1980. Los datos fueron sistematizados por medio de las fases de Teoría Fundamentada, propuestas por Strauss y Corbin (2002), para lo cual resultó valioso el uso de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) del software Atlas.ti como herramienta exploratoria en el análisis inicial.

Los resultados mostraron que la conciencia histórica en la vida y obra del profesor estuvo presente como una estructura en la que se articuló el pasado con el presente y su proyección al futuro, impactando en su pensar y actuar respecto a la defensa y promoción del náhuatl, así como en su quehacer docente. Su lengua se conceptualizó como parte de la identidad, lo que derivó en responsabilidad y necesidad de mantenerla, siendo la docencia un espacio para hacerlo. Esto contribuye a comprender la pérdida lingüística del náhuatl como un proceso histórico y socialmente situado.

Palabras clave: Conciencia histórica, pérdida lingüística, lengua náhuatl, docencia, identidad, IAG.

Abstract

The works written by the rural teacher and Nahuatl writer Pedro Olguín Tekli (1887-1982) were analyzed through the analytical category of historical consciousness to contribute to understanding linguistic loss in Mexico during the 20th century and its relationship to identity and teaching in this case study. This work employed a qualitative approach and analyzed nine works from the years 1912 to 1972, as well as ten interviews with people who knew him between 1940 and 1980. The data were systematized using the Grounded Theory phases proposed by Strauss and Corbin (2002), for which the use of Generative Artificial Intelligence (GAI) from the Atlas.ti software proved valuable as an exploratory tool in the initial analysis.

The results showed that historical awareness was present in the teacher's life and work as a structure that articulated the past with the present and its projection into the future, impacting his thinking and actions regarding the defense and promotion of Nahuatl language, as well as his teaching practice. His language was conceptualized as part of his identity, which led to a sense of responsibility and a need to maintain it, with teaching being a space for doing so. This helps to understand the linguistic loss of Nahuatl as a historically and socially situated process.

Key words: Historical consciousness, language loss, Nahuatl language, teaching practice, identity, GAI.

Introducción

La presente investigación se realizó como parte de las actividades del Programa de posgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro, Maestría en Educación Bilingüe y Estudios Amerindios, en el cual la primera autora es estudiante y la segunda docente. Se alinea al objetivo general del programa educativo que consiste en “formar profesionales capaces de planificar, diseñar y/o desarrollar investigaciones para el fortalecimiento de las lenguas, culturas y literaturas originarias en distintos ámbitos: escolar, extraescolar y comunitario”. (UAQ, 2025, p.44). Se parte del complejo fenómeno mundial de disminución del uso de alguna lengua, transición/sustitución respecto a una lengua dominante y/o su silenciamiento, entre otras situaciones asociadas a una pérdida cultural irremediable. Sostenemos que cualquier acción para evitar o al menos mitigar la vertiginosa tendencia hacia la pérdida total de una lengua es necesaria la comprensión cabal del fenómeno y que para ello resulta nodal realizar un análisis histórico que explique el presente con vías a posibilitar un mejor futuro. Con base en ello, el objetivo de la investigación consistió en estudiar el caso particular de un sujeto histórico, en específico la vida y obra del maestro indígena náhuatl Pedro Olgún Tekli (1887-1982) bajo la hipótesis de que ello permitirá la comprensión de la drástica disminución del habla y escritura del idioma náhuatl en su localidad como una vía de poder concientizar a los habitantes de la propia localidad, del municipio y de su estado natal y en general, sobre la importancia de preservar las lenguas y las culturas originarias. En tal menester se valió de una categoría teórica -la conciencia histórica- como eje de análisis de los datos obtenidos. Tal aportación fue contribución de la segunda autora. Para la metodología se buscó hacer un uso ético y responsable de la IAG como herramienta para potenciar el trabajo de análisis. La búsqueda y procesamiento de los datos fueron realizados por la primera autora, quien es bisnieta del profesor en cuestión. De un trabajo exhaustivo de los datos obtenidos efectuará una biografía intelectual que será parte de su tesis de grado. Lo que aquí se expone difiere de ese trabajo en objetivo, pero se vale de parte del corpus documental

escrito y oral recopilado para la tesis de maestría de la primera autora.

Marco teórico metodológico

El presente artículo tiene como eje de análisis la categoría de conciencia histórica para indagar, dentro de las obras del profesor rural y escritor náhuatl y de testimonios orales de personas que conocieron a Pedro Olgún Tekli, en su rol de docente y promotor del uso de la lengua náhuatl.

Por ende, resulta necesario situar de inicio esta categoría en el ámbito internacional, donde sobresalen los trabajos de la historiografía alemana la cual ha definido a la conciencia histórica como “la perspectiva temporal mediante la cual el pasado es relacionado con el presente y a través del presente dirigirse hacia el futuro” (Rüsen, 2007, p. 175). Se trata de un proceso interpretativo en el que las personas actúan de acuerdo con los conocimientos y experiencias que tienen y el significado que le den a su pasado, presente y futuro. La propuesta de Rüsen resulta relevante debido a que permite comprender cómo la articulación de las temporalidades en la vida de un docente indígena náhuatl del siglo XX influyó en sus prácticas concretas como la docencia y la defensa de la lengua en un contexto de pérdida lingüística.

Antecedente directo del trabajo de conciencia histórica con respecto a la pérdida de lenguas originarias es el artículo *Conciencia histórica y pérdida de lenguas indígenas* de Olga Pablo y Paulina Latapí (2024), en el que analizaron cómo la interrupción de la transmisión generacional de las lenguas indígenas en las comunidades del municipio de Tamuín, San Luis Potosí, se vincula a la conciencia histórica por medio de la articulación temporal que hacen los hablantes entre el pasado, el presente y el futuro. Estos planteamientos son importantes para este trabajo, ya que nos ayudan a comprender que la pérdida de las lenguas es un proceso procedente de factores como la migración, la interrupción de la transmisión intergeneracional, la educación y la enseñanza del español como lengua materna, sin embargo, estos se ven influenciados por emociones, decisiones y percepciones de los hablantes.

De ello derivamos que la conciencia histórica no se refiere únicamente a la conceptualización del pasado, más bien que se articula la temporalidad del pasado con el presente para proyectarse hacia el futuro, entendiendo en ese trabajo que las categorías de lengua y docencia no surgen de manera aislada, ya que son expresiones de una estructura temporal inherente a la conciencia histórica.

En nuestro país, Sánchez Quintanar (2001), historiadora mexicana, aseveró que la conciencia histórica permite que los sujetos comprendan la conexión que existe entre las diferentes temporalidades y su papel para transformar o influir en hechos históricos. En su tesis doctoral presentada en la Universidad Nacional Autónoma de México, estableció seis elementos propios de la conciencia histórica:

1. La comprensión de que el presente surge del pasado
2. Tener presente que las sociedades enfrentan cambios constantemente, sin depender individualmente de una persona.
3. Reconocer que los hechos del pasado conforman el presente.
4. La certeza de que los procesos históricos conforman a los individuos.
5. Considerar que el presente será el pasado del futuro, por lo que cada persona puede influir en el futuro al construirlo desde el presente.
6. Tener en cuenta que es posible participar en la transformación de una sociedad.

Con base en tales componentes planteamos a la conciencia histórica como una forma compleja de comprender el tiempo, en el que se relaciona el pasado, con el presente y el futuro, así como el reconocimiento del papel que pueden tener los sujetos en la construcción y transformación de las sociedades de acuerdo con conocimiento y el significado que confieran al pasado y al presente para una proyección futura.

La metodología central para explorar la conciencia histórica en la vida y obra de Pedro Olguín Tekli fue un estudio de caso. Se trata de un enfoque cualitativo que, vertientes recientes (Rule, 2024 y Hassan, 2024),

prueban su utilidad para estudiar a profundidad un fenómeno sociocultural delimitado, dentro de su contexto real, atendiendo a su singularidad.

Los datos que conformaron el análisis provinieron de las obras escritas por Pedro Olguín Tekli, profesor rural y escritor náhuatl, que comenzó a laborar en el año 1905, y fue originario de la comunidad de San Lorenzo Huehuetitlán, perteneciente al municipio de Santiago Tianguistenco, en el Estado de México. Se analizaron un total de 9 obras (Tabla 1), entre las cuales hay una diversidad de textos como poemas, artículos sobre la educación y la lengua, un manual de homeopatía, un vocabulario en lengua náhuatl y monografías.

Título de la obra	Fecha
Artículos Políticos y Privados (manuscrito)	1912
Obra literaria en verso y prosa (manuscrito)	1914
Artículo en las "Memorias del primer congreso del niño"	1921
Manual de homeopatía (manuscrito)	1955
Trabajo en idioma náhuatl	1957
Monografía de una fiesta nueva	1957
San Lorenzo de mis recuerdos	1964
Una visita al Puerto de Acapulco	1967
El Valle de Toluca en el Estado de México	1972

Tabla 1. Obras analizadas del profesor Pedro Olguín Tekli. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se efectuaron 10 entrevistas a personas que le conocieron entre los años de 1940 a 1980. Con las obras escritas y las fuentes orales se conformó un corpus de datos robusto. Para poder realizar el análisis de manera sistemática se empleó la Teoría Fundamentada, vertiente metodológica originada en la sociología que divide el trabajo investigativo en fases, propuestas por Strauss y Corbin (2002), y complementadas por Charmaz (2006) al visibilizar y encarar la interpretación de las subjetividades por parte de las investigadoras. Es en ese punto donde la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) resultó ser una herramienta eficaz para la identificación de los conceptos asociados a la categoría central del análisis: la conciencia histórica.

La elección metodológica de este estudio resultó pertinente para examinar detalladamente las fuentes y

comprender la construcción de categorías desde la perspectiva del profesor Pedro Olguín Tekli, posibilitando identificar la articulación de dimensiones temporales en su actuar, su pensamiento y escritura. Sin embargo, que tiene la limitación de que, al ser un estudio de caso, los resultados no pueden ser generalizables, ya que se centran en la comprensión situada del fenómeno analizado.

Para la sistematización de los datos se utilizó como herramienta el software Atlas.ti en su versión 9.0, con el sistema de IAG Open AI. Aportó al análisis inicial proporcionando propuestas de códigos, así como identificación de patrones en la información que se analizó. También contribuyó en la organización por grupos de documentos de acuerdo con la década a la que pertenecía cada uno, lo que permitió visualizarlos de manera específica y global, para facilitar la concepción de las transformaciones del pensamiento del profesor Pedro Olguín Tekli en el transcurso de las décadas. Así, Atlas.ti fue una herramienta relevante porque permitió automatizar la conceptualización y categorización de códigos en las fases de Teoría Fundamentada que se describen a continuación con la IAG recientemente incorporada a este software.

Primero se realizó un “microanálisis”, que se define como un “detallado análisis, línea por línea” (Strauss y Corbin, 2002, p. 64). En este proceso resultó necesaria la interpretación de los datos, por lo que a la vez consideramos el enfoque constructivista de Charmaz (2006), reconociendo que las categorías emergidas al analizar las obras son resultado de la interpretación e interacción entre los textos y las investigadoras.

El microanálisis se llevó a cabo conceptualizando los fenómenos identificados en los textos y entrevistas. Después se aplicó la codificación abierta, definida como un proceso en el que se “identifican los conceptos y se descubren en los datos sus propiedades y dimensiones” (Strauss y Corbin, 2002, p. 110). En esta fase se clasificaron los conceptos en categorías y

subcategorías, para identificar las propiedades y dimensiones.

Posteriormente, se desarrolló la fase de codificación axial entendida como el “proceso de relacionar las categorías a sus subcategorías” (Strauss y Corbin, 2002, p. 134). En ella se establecieron relaciones causales y de consecuencia, y se consideró a la conciencia histórica como la categoría que hilaba y explicaba a las demás. Por último, se llevó a cabo la codificación selectiva definida como el “proceso de integrar y refinar la teoría” (Strauss y Corbin, 2002, p. 157). En este punto se explicó la relación de la categoría central (conciencia histórica) con otras categorías que emergieron (docencia¹ y lengua, principalmente).

Resultados

El análisis de las obras y entrevistas respecto a la vida del profesor Pedro Olguín Tekli arroja que la *conciencia histórica* se manifiesta como una estructura temporal vinculada a la memoria, la identidad y su trayectoria como docente, ya que sus obras muestran conexiones entre el legado de los antepasados con su presente y la preocupación por un futuro desde la educación y la preservación de su lengua. Esta articulación se encuentra a lo largo de sus diferentes obras.

En sus escritos, el pasado se encontraba principalmente relacionado con la identidad que le vinculaba hacia los héroes nacionales y la herencia cultural que habían dejado para el país. Consideraba que solo recordando este legado es que podríamos ser parte de lo que él denominaba un “nosotros”, es decir, formar parte del país. Por ello asentaba expresiones como “conservemos miles de recuerdos de nuestros mártires” (Olguín, 1913, Archivo personal, memorándum 1).

Dentro de la categoría *lengua* el profesor constantemente se remitía al pasado e identificaba problemas en su presente, siendo uno de ellos la pérdida de la lengua náhuatl en su comunidad, así que

¹ En el presente trabajo, la categoría docencia integró lo referente a prácticas, saberes, posicionamientos y concepciones que tenía el profesor Pedro Olguín Tekli sobre la labor educativa, dentro

de los cuales consideraba que además de transmitirse conocimientos también de debían fomentar valores, construir identidades y posturas frente a la lengua.

expresaba frases como "el gran problema que padece la lengua" (Olguín, 1913, Archivo personal, memorándum 1) y se preocupaba por el futuro asentando que "hagamos propaganda que tan necesaria es para que de este modo inculcarles, hablarles o más bien enseñarles, el idioma, aunque no perfecto, y que es el mexicano" (Olguín, 1913, Archivo personal, memorándum 1).

La preservación de la lengua se fundamenta en comprender al pasado como la causa de tener una identidad, el presente como un momento que representa riesgo para perderla y el futuro como la responsabilidad que se tiene para mantenerla. Es decir, que la lengua era parte de la identidad, por lo que si se perdía la primera, la segunda no estaría completa.

El profesor expresaba que la lengua náhuatl o denominada en sus escritos también como "mexicano" era parte de la herencia histórica y se refería a ella como la "lengua de nuestra república mexicana" (Olguín, 1915, Archivo personal, memorándum 16). También expresó que los pueblos que la mantienen son aquellos que "pelearon, lucharon y resistieron" (Olguín, 1913, Archivo personal, memorándum 15), siendo posible observar que establecía una relación entre lengua, identidad y nación. Él no se refería a la lengua como un instrumento de comunicación, sino que la concebía como un "testimonio vivo de los antepasados" (Olguín, 1913, Archivo personal, memorándum 1).

Perder la lengua significaba que ya no existiría un vínculo con los antepasados, por lo que desde 1912 proponía que en las escuelas deberían "inculcarles, hablarles o más bien enseñarles el idioma" a los alumnos, y años más tarde, en 1957 elaboró y distribuyó su vocabulario en lengua náhuatl.

Asimismo, en la categoría *docencia*, el profesor en su rol como educador, se encontraba presente la conciencia histórica al considerar que por medio de la educación se podía generar un "engrandecimiento de la patria" y también mencionaba que "la patria será lo que sea la escuela"(Olguín, 1915, Archivo personal, memorándum 1), siendo así que su conciencia histórica se configura por medio de la vinculación y

comparación entre el pasado y el presente para actuar hacia la contrucción del futuro.

En sus textos y en las entrevistas el profesor Pedro Olguín Tekli planteó una concepción integral de la educación que él define como "el perfeccionamiento simultáneo de las facultades físicas, morales e intelectuales del ser humano" (Olguín, 1921, Archivo personal, memorándum 7), y es este perfeccionamiento el que permitiría obtener "el futuro poder y engrandecimiento del país" (Olguín, 1921, Archivo personal, memorándum 7). Es por medio de estas palabras que podemos observar su constante preocupación por el futuro de los alumnos que conformarían al país.

En sus últimas obras el eje temático central ya no es la docencia o la defensa de la lengua, se encuentran otros textos que refieren más a datos autobiográficos, registros sobre algunos municipios o festividades del Estado de México y Guerrero. Sin embargo, continuaba incluyendo palabras en náhuatl y datos culturales dentro de las obras: Monografía de una fiesta nueva (1957), San Lorenzo de mis recuerdos (1964), Una visita al Puerto de Acapulco (1967) y El Valle de Toluca en el Estado de México (1972).

Conclusiones y discusión

El análisis de las obras y entrevistas a personas que conocieron al profesor de Pedro Olguín Tekli, hizo posible identificar que la conciencia histórica no refiere únicamente al pasado, sino que, en correspondencia con el aparato teórico, esta se muestra como una estructura temporal que propició su pensamiento y su escritura, ya que esta funcionó en el pasado como una base de identidad, en su presente como el espacio en el que realizaba una evaluación a partir de experiencias y hechos históricos y el futuro como una responsabilidad y también una posibilidad para cambiarlo. Es así como esta reflexión temporal orientó su posición con relación al uso de la lengua y la docencia.

La promoción del uso del náhuatl y su concepción de docencia no se mostraron como categorías aisladas, ya que ambas emergieron como expresiones de la reflexión temporal; la lengua fue entendida como una herencia histórica y cultural que al perderse

conllevaría a una falta de identidad, y la docencia fue comprendida como una posibilidad para engrandecer al país y formar de manera integral a próximas generaciones. El profesor Pedro Olguín Tekli concibió de manera contundente que las acciones de su presente podían influir en el futuro de su comunidad.

El análisis sugiere que el cambio temático en sus obras finales no significa que ya no se encuentre presente la conciencia histórica, sino que se hizo una reconfiguración de ella, ya que aunque no hubo una promoción o defensa explícita de la lengua o artículos sobre docencia, sí hubo un vocabulario en lengua náhuatl, al igual que presencia de textos en la lengua en distintas obras y registros sobre experiencias en la docencia, es decir, que la conciencia histórica estuvo presente al tomar decisiones sobre qué escribir.

En relación con el objetivo del trabajo, es posible advertir que, durante este análisis de las obras del Profesor Pedro Olguín Tekli, se encontraron elementos que dan cuenta del proceso de la pérdida lingüística del náhuatl en su comunidad, ya que los escritos presentan temas recurrentes que hacen referencia a la disminución de su uso y derivado de ello una constante preocupación por su enseñanza y preservación, lo que muestra que él se encontraba en un contexto en el que la transmisión de la lengua comenzaba a reducirse. Sus obras además de mostrar una conciencia histórica que articula el pasado, el presente y el futuro, también presentan un testimonio en el que se puede interpretar cómo el profesor Pedro Olguín Tekli experimentó y enfrentó la pérdida de su lengua por medio de acciones concretas como la enseñanza del náhuatl dentro de la escuela, la escritura de textos sobre su pérdida y la elaboración de un diccionario para compartirlo en su comunidad.

Por tanto, el análisis de caso invita a estudiar la conciencia histórica en producciones intelectuales indígenas para comprender la intervención cultural y educativa en contextos que han sufrido cambios sociales y lingüísticos. La investigación aporta al

campo de estudios de conciencia histórica pues demuestra que dicha categoría contribuye a la comprensión de un sujeto inmerso en su tiempo.

La historiografía ha estudiado que al momento de la llegada de los europeos al llamado “Nuevo Mundo”, había alrededor de 200 lenguas originarias. Después de los tres siglos de duración del virreinato de la Nueva España, a pesar de que hubo diversas guerras, pestes y otros procesos, aún prevalecían 160 lenguas. El “idiomacidio” atroz fue en el siglo XIX siendo el Estado mexicano el que buscó erradicar las lenguas en pro de construir una identidad fincada en el español como “lengua nacional”. A mediados del siglo XIX, aproximadamente el 60% de la población hablaba una lengua indígena². Los datos más actuales, entre estos los del INEGI (2020), establecen que el ínfimo 6.1% de la población es hablante de alguna de nuestras 68 lenguas originarias. Aunque no se tienen cifras específicas del náhuatl en San Lorenzo Huehuetitlán, se estima que en el municipio al que pertenece esta comunidad, únicamente el 1.14% de la población lo hablan (INEGI, 2020). Queda claro que no fue la conquista la causante de esa pérdida, sino procesos más actuales que tienen sus secuelas presentes en la discriminación que persiste.

En el ámbito educativo, Rebolledo (2025) ha analizado el racismo antiindígena presente y sostiene que se expresa de forma encubierta y también explícita: habla de un racismo que se manifiesta "de manera velada y en ocasiones abierta" pero que opera con la misma lógica de "discriminación y exclusión" (Rebolledo, 2025, p. 13). Estos factores impactan directamente en las experiencias que tienen los hablantes con sus lenguas y contribuyen a su desuso y pérdida. El trabajo presentado contribuye a conocer la raíz histórica de estas situaciones. El estudio de caso del profesor Pedro Olguín Tekli da cuenta de una lucha aislada a lo largo de casi todo el siglo XX por la defensa de su lengua materna, el náhuatl y lo infructuoso de ésta dada la casi total pérdida en su comunidad. Surgen preguntas relacionadas con su noción de patria, de personajes históricos vinculados

² Pelkonen y De la Fuente (2023), mencionan que a mediados del siglo XIX aproximadamente el 65% de la población hablaba una lengua indígena.

a la historia “de bronce” que excluyen la historia indígena. Quedan también preguntas relativas a su postura sobre la castellanización mandatada por el gobierno federal. El estudio de las políticas educativas nacionales y estatales respecto a las lenguas indígenas podría iluminar algunas de estas cuestiones.

Aún con las limitaciones expresadas, el estudio de caso expuesto aporta a la comprensión de la pérdida lingüística del náhuatl, que, de acuerdo con los datos estadísticos, es la lengua indígena con mayor número de hablantes en México, sin embargo, es notorio que esto no exime que su vitalidad disminuya significativamente en las comunidades. Como menciona Flores (2009), el número de hablantes no garantiza por sí mismo la transmisión generacional ni el uso sostenido de una lengua en espacios públicos.

En suma, el presente caso ha puesto un grano de arena para iluminar el proceso de pérdida del náhuatl, en una comunidad concreta, en siglo XX. La difusión de la vida y obra del profesor Pedro Olguín Tekli al ser visibilizada y socializada, podría ser mediadora de conciencia histórica en el necesario camino de revalorizar las lenguas indígenas.

Referencias bibliográficas

- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory : a practical guide through qualitative analysis*. Sage Publications.
- Flores, J. (2009). *Revitalización lingüística en México: entre la nostalgia y la urgencia*. CIESAS.
- Hassan, M. (2024). *Case study – Methods, examples and guide*. ResearchMethod.
<https://researchmethodscommunity.sagepub.com/blog/case-study-methodology>
- Olguín, P. (1913). *Memorandum 1*. Archivo personal.
- Olguín, P. (1913). *Memorandum 15*. Archivo personal.
- Olguín, P. (1915). *Memorandum 1*. Archivo personal.
- Olguín, P. (1915). *Memorandum 16*. Archivo personal.
- Olguín, P. (1921). *Memorandum 7*. Archivo personal.
- Pablo, O., y Latapi, P. (2024). Conciencia histórica y pérdida de lenguas indígenas. *Nthe*, 46, 121-128.
- Pelkonen, P., y De la Fuente, D. (2023). *El enigma de la supervivencia de las lenguas indígenas en México*. The Conversation.

<https://theconversation.com/el-enigma-de-la-supervivencia-de-las-lenguas-indigenas-en-mexico-209943>

- Plá, S. (2017). Conciencia histórica e investigación en enseñanza de la historia. Congreso Nacional de Investigación Educativa. COMIE. (pp. 1-10).
- Rebolledo Recendiz, N. (2025). Violencia y racismos en la escuela: Reflexiones antropológicas. En Colegio de Etnólogos y Antropólogos Sociales A. C., Boletín (pp. 13–30).
- Rule, P. (2024). Introduction: Case study research in the social sciences. En *Handbook of Case Study Research in the Social Sciences*. Edward Elgar Publishing.
- Rüsen, J. (2007). How to make sense of the past: Salient issues of metahistory. *TD: The Journal of Transdisciplinary Research in Southern Africa*, 3(1), 169–221.
- Sánchez Quintanar, A. (2002). *Reencuentro con la historia: teoría y praxis de su enseñanza en México (1.a ed.)*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Strauss, A., y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada (1.a ed.)*. Universidad de Antioquia.
- Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Filosofía. (2025). Programa de la Maestría en Estudios Amerindios y Educación Bilingüe. Universidad Autónoma de Querétaro.

Efecto del sonido de abejorro en chile jalapeño en capsaicina y rendimiento

Laura Xóchitl Cruz Cárdenas*¹, Luis Miguel Contreras Medina, Ramon G. Guevara González, and Juan F. García Trejo.

Ingeniería de Biosistemas CA, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N, 76010 Querétaro, Qro., México

Resumen

Esta investigación analiza cómo el sonido del abejorro (*Bombus Impatiens L.*) influye en la calidad y el rendimiento del chile jalapeño. El estudio pone a prueba 5 grupos de sonido que son: 1) Ruido blanco, 2) Vuelo y polinización, 3) Polinización, 4) Vuelo y 5) Control (sin sonido) para determinar su impacto en la síntesis de capsaicina y el peso total de la cosecha. Los resultados indican que, aunque el estímulo sonoro no aumentó el rendimiento físico del fruto, sí logró elevar la concentración de este compuesto en un 19.75%. Mediante experimentos controlados en invernaderos, sugiriendo así que el uso de tecnología acústica como una alternativa sostenible para posiblemente generar resistencia antes el estrés biótico y abiótico en las plantas, de esta manera, el sonido puede optimizar los metabolitos secundarios de cultivos esenciales para la economía mexicana.

Palabras clave: emisiones acústicas, polinizadores, *Capsicum annuum*, sonido.

Abstract

This research analyzes how the sound of the bumblebee (*Bombus impatiens L.*) influences the quality and yield of jalapeño peppers. The study tested five sound groups: 1) white noise, 2) flight and pollination, 3) pollination, 4) flight, and 5) control (no sound) to determine their impact on capsaicin synthesis and total harvest weight. The results indicate that, although the sound stimulus did not increase the physical yield of the fruit, it did raise the concentration of this compound by 19.75%. Through controlled experiments in greenhouses, this suggests that the use of acoustic technology as a sustainable alternative could potentially generate resistance to biotic and abiotic stress in plants. In this way, sound can optimize the secondary metabolites of crops essential to the Mexican economy.

Keywords: acoustic emissions, pollinators, *Capsicum annuum*, sound.

Introducción

La producción vegetal en la actualidad enfrenta diversos problemas como la mejora del rendimiento por unidad de superficie (Baldivia & Ibarra, 2017), la disponibilidad del agua, una óptima planificación de riego (López-López et al., 2025). Aunado a esto se suma la crisis de polinizadores que debido a los efectos del calentamiento global al igual que la pérdida y fragmentación de hábitats. Por otro lado, el aumento en la aplicación de pesticidas, la agricultura intensiva y los monocultivos han afectado significativamente los recursos florales y con esto se ha afectado de manera indirecta a los organismos polinizadores y la producción agrícola (Proesmans et al., 2021).

El chile jalapeño *Capsicum Annuum* L. perteneciente a la familia de la solanáceas es un cultivo de relevancia en México. La producción en 2021 de chile jalapeño en México fue de más de 799 mil 388 toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022), posicionándolo como el mayor productor a nivel global. Esta producción no solo cubre el consumo interno, sino que también se dirige en su mayoría a la exportación, produciendo ingresos considerables para la nación (González et al. 2022) el incremento en la demanda de jalapeño en los mercados globales ha motivado la implementación de métodos de cultivo más eficaces y sostenibles. A pesar de que el chile jalapeño tiene una flor autógena, la cosecha se ve favorecida por la presencia de una polinización cruzada y se refleja en la producción (Magalhães et al., 2024).

Solo unas pocas especies de abejorros se utilizan ampliamente en la industria de invernaderos, especialmente en cultivos como tomates, pimientos, berenjenas, calabacines, fresas, sandías y melones. Cada año, se colocan en el mundo alrededor de 2 millones de colmenas de abejorro *Bombus Impatiens* L. en América del Norte, siendo la especie más usada debido a su efectividad, especialmente en entornos

controlados como invernaderos, donde realización polinización vibratoria (Traveset Anna, 2025).

El picante o sensación de ardor de las frutas del género *Capsicum* se debe a la acumulación de metabolitos secundarios, del grupo alcaloides no volátiles llamados capsaicinoides, exclusivo de *Capsicum*. Los capsaicinoides principales son la capsaicina y la dihidrocapsaicina, los que contribuyen con alrededor del 90% del picante, se ha demostrado que la capsaicina tiene efectos positivos en la salud humana (Yasin et al., 2023), proporciona efectos farmacológicos positivos en enfermedades de obesidad, anticancerígenas, artritis, rinitis, sinusitis, migraña, cardiovasculares y diabetes tipo II (López-Ordaz et al., 2022).

En la búsqueda de mejorar el rendimiento y producir capsaicina se han usado diferentes estímulos desde la aplicación de fertilización orgánica (Ángel de Jesús Castelán Arroyo et al., 2025; López-Gómez & Rosales-Castro, 2025), manejo de la luz en la producción de chile, la humedad relativa en su cultivo o el estrés por sequía (López Puc Guadalupe et al., 2020). Así mismo el uso del sonido o vibraciones mecánicas se han hecho presentes para analizar su efecto en la producción de capsaicina. El uso de emisiones acústicas obtenidas de las frecuencias vibratorias de las plantas bajo estrés hídrico de chile jalapeño tuvo como objetivo determinar su efecto en la producción de capsaicina, logrando un incremento de 5.88 veces en comparación a las plantas no tratadas con emisiones acústicas (Caicedo-Lopez et al., 2022).

Hasta ahora el uso del sonido de polinizadores muestra que el sonido de la abeja en flores de *Oenothera Drummondii* aumenta la cantidad de azúcares totales en néctar floral al exponer a las flores al sonido de la abeja por 3 minutos (Veits et al., 2019). Con base en esta investigación surge la inquietud de desarrollar esta investigación con el afán de experimentar y analizar los resultados del efecto de los diferentes sonidos producidos por el abejorro *Bombus Impatiens*

L. en la producción de chile jalapeño con el objetivo principal de determinar el efecto en la producción de capsaicina y rendimiento, con los siguientes objetivos específicos: 1) Diseñar paneles acústicos, 2) Obtener los sonidos, 3) Determinar el impacto del sonido del abeja en rendimiento y 4) Determinar el impacto de los tratamientos en producción de capsaicina. Creando así la hipótesis de que el sonido del abeja *Bombus Impatiens* L. aumenta la cantidad de capsaicina, en comparación a grupos sin estímulo sonoro (control) y ruido blanco.

Método

Esta investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro de febrero 2021 a mayo 2022. La población que se tomó fue el chile jalapeño, teniendo 5 grupos diferentes de 7 individuos cada uno, haciendo un total de 35 individuos. Los tratamientos acústicos seleccionados fueron: 1) Sonido de abeja volando 2) Sonido de abeja polinizando 3) Sonido de abeja volando y polinizando 4) Ruido blanco 5) Control. Dentro de un invernadero de 6x6 m donde las plantas se distribuyeron de forma aleatoria. Se germinaron 200 semillas de chile jalapeño colocadas en una charola de unicel de 200 cavidades, la charola de unicel se desinfectó con sales cuaternarias de amonio, una vez desinfectada y limpia se rellenó cada cavidad de peat moss super terra ST1 húmedo a capacidad de campo, se colocó 1 semillas por cavidad, cubriéndolas con un poco de peat moss, finalmente se cubrió con vermiculita y se cubrió con un hule oscuro, guardando la charola en un lugar fresco y oscuro. La humedad de la charola se monitoreo diariamente, una vez que apareció el brote, se colocaron en un espacio donde recibió luz solar indirectamente para evitar su elongación. Se realizó el monitoreo del riego homogéneo de 50 ml por minuto, programando riegos de 9am a 6pm, uno cada hora, realizando, con esto, un total de 10 riegos de 50 ml durante el día.

Tratamiento Sonoro

Para la reproducción del sonido se diseñaron dos paneles de absorción acústica colocados a un costado del invernadero y del otro lado las plantas de chile jalapeño, en la figura 1 se observa la distribución del invernadero.

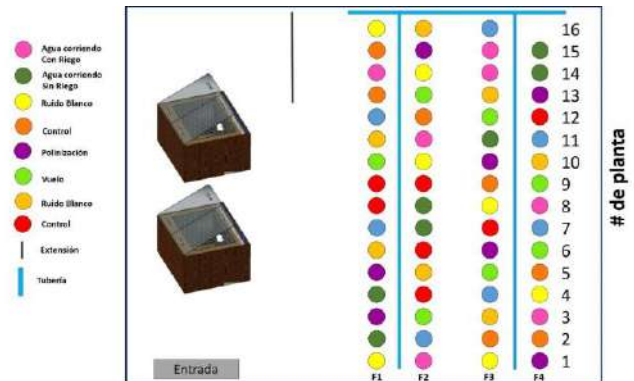


Figura 1. Distribución de paneles acústicos y plantas dentro del invernadero

Para obtener de los sonidos a utilizar se tomó como prioridad que el abeja *Bombus Impatiens* L. se encontrara en un ámbito “natural” sin estrés para obtener sus sonidos naturales, es por ello, que la grabación se hizo dentro de un invernadero de producción de jitomate de 5 mil metros dentro de la Facultad de Ingeniería del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cuál tenía plantas trampa de albahaca. Se observó detalladamente cómo el abeja *Bombus Impatiens* L. llega a polinizar la flor de jitomate y albahaca para poder determinar el acomodo de los micrófonos alrededor de la planta y obtener un mejor sonido. Después de la observación se determinó grabar los sonidos del abeja *Bombus Impatiens* L. alrededor de las flores de albahaca debido a que fue la opción más viable y eficaz para grabar al abeja. Para su grabación se hizo uso de un micrófono Maono AU-A04 condensador y cardiode y el programa de edición de audio Audacity. Se colocó el micrófono a 3 cm de la flor de albahaca para obtener un sonido más fidedigno y limpio (figura 2). Se esperó a que los abejorros se acercaran a la planta para polinizar, se realizaron 20 grabaciones para posteriormente introducir las en Audacity y obtener una pista de audio de 20 minutos las cuales se analizaron por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) arrojando la

siguiente información: Grabación convertida a formato WAV 24 bits con referencia a 20 micro Pascales, Audio: river---wa_nhu9707894, señales en tiempo, frecuencia de muestreo en la grabación = 44100 Hz y número de muestras 1626624. Los rangos de frecuencia de cada pista de audio se muestran en la figura 3.



Figura 2. Distancia del micrófono en la planta de albahaca

Una vez obtenidos los tratamientos acústicos se realizó el trasplante de la plántula el 15 de febrero, 2022. Las plántulas de chile jalapeño se trasplantaron al tener 6 hojas verdaderas con 2 meses de edad. El sustrato que se utilizó para el trasplante fue de 60% tezontle, 25% peatmoss y 15 % arenilla, en bolsas de plástico con capacidad de 5 kg, colocando 3 kg de sustrato en cada bolsa. Se colocaron en el invernadero sobre 4 canaletas. El riego se programó de 9am a 6pm, un riego por hora de 50 ml. Con nutrición Steiner (tabla 2), ajustando el pH del agua a 6.5 en un tinaco de 800 litros. La humedad relativa y la temperatura del invernadero se monitorearon con el equipo Elitech Log versión V6.1.0.

Una vez las plantas estuvieron en etapa de floración se procedió a la aplicación del tratamiento acústico. La aplicación de los 3 sonidos de abejorro y ruido blanco tuvo una duración de 7 días, del 18 al 24 de abril del 2022, por 20 minutos en un rango de 80 a 85 dB en horario aleatorio cada día (tabla 2) con 5 grupos 1) Sonido de abejorro volando, 2) Sonido de abejorro polinizando, 3) Sonido de abejorro polinizando y volando 4) Ruido Blanco y 5) Control, las plantas se introdujeron en los paneles acústicos (figura 3). Es importante mencionar que los tratamientos se reproducían 2 al mismo tiempo ya que se contaba con

2 cajas acústicas, y el grupo control también se introducía dentro de la caja por 20 minutos sin sonido. Los tratamientos acústicos se aplicaron con éxito, sin interrupciones o afecciones externas.

Día	Fecha	Hora
1	18/04/22	18:55 hrs – 21:04 hrs
2	19/04/22	14:45 hrs – 16:00 hrs
3	20/04/22	12:27 hrs - 13:44 hrs
4	21/04/22	13:00 – 15:00 hrs
5	22/04/22	11:39 hrs – 12:54 hrs
6	23/04/22	8:10 hrs – 7:20 hrs
7	24/04/22	15:22 hrs – 17:57 hrs

Tabla 1. Horarios de aplicación de tratamiento acústico



Figura 3. Plantas de chile dentro del panel acústico durante su tratamiento.

Cosecha

La cosecha se llevó a cabo el 19/05/2022 se procedió a realizar el corte de chiles y posteriormente se pesó el peso fresco del fruto de chile jalapeño sobre una báscula Rhino BARR9-01139, exactitud fina II, capacidad máxima 40 kg y resolución de 100 g con alimentación 6Vcc / 600 mA.

Cuantificación de Capsaicina.

Para la obtención de los extractos, se pesaron 0.1 g de muestra de fruto de chile liofilizado en una balanza analítica serie 321 LS (Precisa, Suiza) con 1 mL de metanol al 100 % (v/v) (J.T. Baker; Xalostoc, México); la extracción se realizó protegiéndose de la luz. La mezcla se incubó durante 2 h en un baño de sonicación Branson 1510R-MT Ultrasonic Cleaner (Branson Ultrasonics Corporation, México), con una frecuencia de 42 kHz. Los extractos se centrifugaron a 15,000 rpm durante 15 min, en una *Microcentrifuga Velocity 15μ* (Dynamica, Reino Unido). Para la cuantificación de capsaicina, se realizaron diluciones de cada extracto con metanol (1:10) y se midió su absorbancia a una longitud de onda (λ) de 280 nm en un espectrofotómetro UV-vis Halo XB-10 (Dynamica, Reino Unido), en celdas de cuarzo (Cerón-carrillo et al., 2015). Para realizar la curva de calibración se preparó una solución stock de capsaicina con una pureza ≥ 95 % (Sigma-Aldrich, Canadá) (1 mg/mL) y a partir de esta se prepararon concentraciones estándar de capsaicina desde 0 hasta 0.1 mg/mL, para un volumen de 1 mL, como se presenta en la tabla 3.

Resultados

Dentro de la experimentación con el sonido del abeja, la hipótesis sostiene que la cantidad de capsaicina en fruto de chile jalapeño aumenta con el estímulo del sonido del abeja *Bombus Impatiens L.*

Como primer resultado se obtuvo un invernadero acondicionado con paneles acústicos con dimensiones exteriores aproximadas: 1.03m * 1.20m * 1.00 m (a * l * h). Dimensiones interiores aproximadas: 0.70m * 1.00m * 0.97 m (a * l * h). Fabricada con pared acústica con el siguiente arreglo: OSB 18mm, relleno de Poliuretano 1/2” protegida con una placa de 3mm de perfoel, acabado en espuma acústica perfilada de 2”, tapa de cristal templado de 10 mm con sello, 2 altavoces JBL de 6 1/2”, respuesta de frecuencias: 55 Hz – 20 KHz, impedancia 4 Ω , con tira de parcheo con conector Jack estándar, extensión, memoria USB y Archivo de audio en formato WVA (Figura 1), estos

se colocaron dentro del invernadero como se muestra en la figura 3.



Figura 4. Diseño del panel acústico

Como segundo resultado, se identificó que el abeja *Bombus Impatiens L.* produce 3 sonidos distintos alrededor de las plantas de jitomate y albahaca, un sonido específico lo hace cuando vuela alrededor de la planta, otro cuando se posa en la flor y finalmente un sonido diferente al polinizar la flor y se obtuvieron 3 audios de 20 minutos cada uno caracterizado por cada tipo de sonido emitido por el abeja de forma natural. En la figura 4 se muestran los picos de las frecuencias principales de cada sonido.

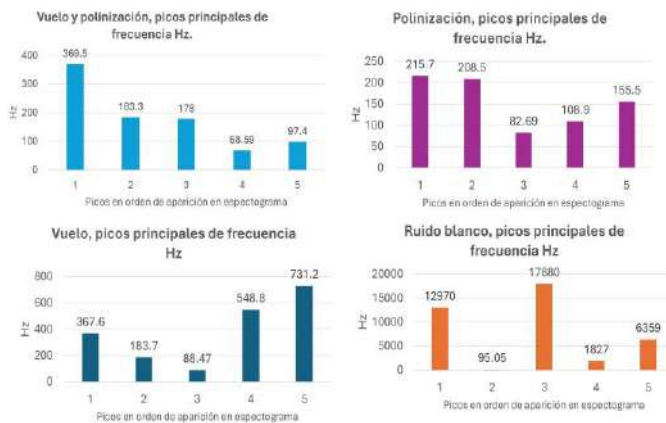


Figura 5. Rango de frecuencias de los sonidos de abeja y ruido blanco, mismos que se usaron como tratamientos

Rendimiento

Al realizar la cosecha se pesó en kilogramos la cantidad de fruto por tratamiento, dentro del invernadero no se contaba colmena con abejorros para polinizar, obteniendo los siguientes resultados:

Tratamiento	Rendimiento
Polinización	1.562
Vuelo	1.702
Vuelo y Polinización	1.892
Ruido Blanco	1.586
Control	2.098

Tabla 2. Cosecha de chile jalapeño por tratamiento.

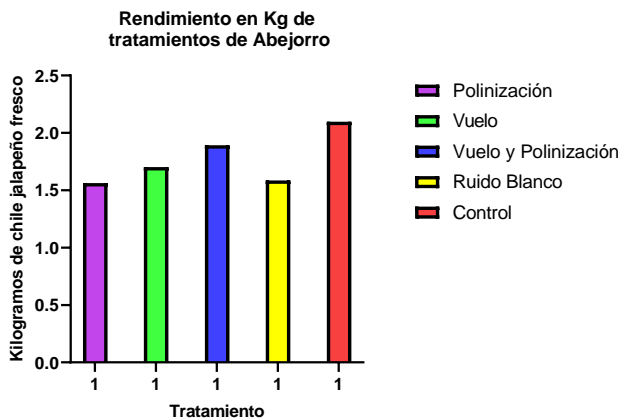


Figura 6. Rendimiento, promedio de peso en kg por tratamiento

Estos resultados sugieren que el grupo que no fue afectado por sonido obtuvo un mayor rendimiento, aunque no se realizó un análisis estadístico ya que se pesó todo el peso de los chiles por tratamiento los resultados sugieren que el efecto del sonido de abejorro en chile jalapeño bajo condiciones de invernadero sin abejorros presentes, no incrementa el rendimiento en el fruto del chile jalapeño, dejando como pregunta, si el sonido del abejorro tiene un impacto en chile jalapeño con los animales polinizadores dentro del invernadero y así mejorar el rendimiento por medio de la polinización cruzada en conjunto con el estímulo sonoro.

Capsaicina

La concentración de Capsaicina por g de muestra en tratamientos de abejorro muestra que el grupo Vuelo y Polinización muestra un aumento superior en comparación con otros tratamientos, generando un 19.75 % de diferencia entre el grupo de Polinización que fue el más bajo y en comparación al grupo control generó una diferencia del 17.12%. Estos resultados sugieren que el uso del sonido de Vuelo y polinización aumenta la cantidad de capsaicina en el chile jalapeño estimulándola en etapa de floración por 20 minutos a 80 dB durante 7 días.

Concentración de Capsaicina por g de chile seco en tratamientos de abejorro

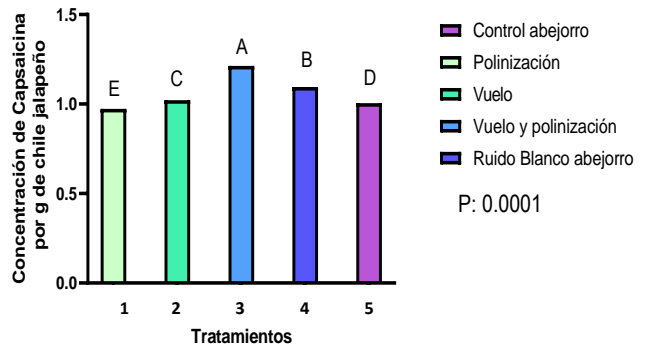


Figura 7. Capsaicina promedio de la medición de cada tratamiento en conjunto por g de chile seco frente a tratamiento de Abejorro

Discusión y Conclusiones

Esta investigación pretende sumar información respecto al uso del sonido en producción de capsaicina en chile jalapeño, debido a que se encontró que solo la investigación de Caicedo-Lopez et al., 2022 relaciona el sonido y la producción de capsaicina, por ello, se usará como estudio comparativo para discutir los resultados de esta investigación.

El chile jalapeño es un sistema biológico sensible a estímulos mecánicos y acústicos, los cuales actúan como eustresores capaces de modificar tanto su metabolismo primario como secundario (Caicedo-Lopez et al., 2022). Un hallazgo fundamental es que

la respuesta de la planta no es uniforme a todos los sonidos, sino que presenta una selectividad basada en la frecuencia y el tipo de estímulo

Por un lado, el sonido de polinizadores como *Bombus impatiens* (específicamente la combinación de vuelo y polinización) logró incrementar la capsaicina en un 17.12% respecto al control. Por otro lado, el uso de emisiones acústicas (EA) diseñadas a partir de los patrones de vibración naturales de la planta bajo estrés hídrico moderado (MHS) indujo un incremento mucho más drástico, elevando el contenido de capsaicina hasta 5.88 veces (Caicedo-Lopez et al., 2022). Esta diferencia sugiere que las plantas podrían poseer mecanismos de reconocimiento de señales físicas con relevancia ecológica, donde las frecuencias asociadas a su propio estado fisiológico (como el estrés hídrico) actúan como potentes inductores metabólicos.

Estudios que han usado acústicos como elicitor en plantas como (Altuntas & Ozkurt, 2020; Kafash et al., 2022; Ye et al., 2023) aumentan la calidad de los metabolitos secundarios y nutrientes del fruto.

Sin embargo, existe una dicotomía entre el rendimiento y la calidad nutracéutica. Mientras que el estímulo sonoro potencia la producción de metabolitos secundarios, no se observó un incremento proporcional en el rendimiento de biomasa o peso del fruto; de hecho, en condiciones de invernadero sin polinizadores reales, el grupo control mantuvo un rendimiento superior en comparación con los grupos tratados con sonido de abejorro. Probablemente el no tener una colmena con polinizadores influyó en el rendimiento.

Así mismo se encuentran estudios como (Arluis et al., 2021; Pardo Salazar et al., 2024; Prasetyo & Raju, 2021) que han logrado un incremento en el rendimiento con el uso de sonidos.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se presentan las siguientes conclusiones sobre el efecto de los estímulos sonoros del abejorro (*Bombus impatiens* L.) en el chile jalapeño:

- **Aumento de la Capsaicina:** Se confirma la hipótesis de que el sonido influye en el metabolismo secundario de la planta. El tratamiento de "Vuelo y Polinización" es el más efectivo, logrando incrementar la concentración de capsaicina en un 17.12% en comparación con el grupo control y un 19.75% respecto al sonido de polinización sola.
- **Efecto en el Rendimiento:** Bajo las condiciones de invernadero evaluadas y sin la presencia física de insectos, el estímulo sonoro no incrementa el rendimiento en peso del fruto. De hecho, el grupo control obtuvo el rendimiento más alto (2.098 kg) frente a todos los grupos con tratamiento acústico, incluyendo el de "Vuelo y Polinización" (1.892 kg). Probablemente el rendimiento se vio afectado debido a que la planta usó energía para producir metabolitos secundarios y sacrificó la producción.
- **Especificidad del Estímulo:** La respuesta de la planta es selectiva al tipo de sonido. Mientras que el ruido blanco y los sonidos individuales (solo vuelo o solo polinización) mostraron resultados menores, la combinación de sonidos naturales de vuelo y polinización fue la que mejor estimuló la biosíntesis de capsaicinoides durante la etapa de floración.
- **Parámetros de Aplicación:** Se determinó que una exposición de 20 minutos diarios a una intensidad de entre 80 y 85 dB durante la etapa de floración es suficiente para generar

cambios significativos en la cantidad de capsaicina generada y probablemente en el picor del chile

En resumen, el sonido del abejorro funciona como un bioestimulante para la calidad nutracéutica del chile jalapeño, aunque su uso para mejorar el rendimiento físico del cultivo aún requiere ser estudiado en combinación con la presencia real de polinizadores para evaluar posibles efectos sinérgicos.

Referencias

- Altuntas, O., & Ozkurt, H. (2020). Effects of Different dB Sound Levels on The Plant Growth, Nutrient Elements Uptake and Essential Oil Yield of *Mentha piperita*. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 23(6), 1345–1355. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1842254>
- Ángel de Jesús Castelán Arroyo, Dr. César Uriel López Palestina, & Dr. Yair Olovaldo Santiago Sáenz. (2025). *Efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes en frutos de chile chiltepín (Capsicum annum var. Glabriusculum [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL]*. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/7199/1/ATD1356.pdf>
- Arlius, F., Putri, R. E., Putri, N. S., & Putri, I. (2021). Effect of acoustic waves on the growth and productivity of sawi plants (*Brassica Juncea L.*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012021>
- Baldivia, A. S., & Ibarra, G. R. (2017). La disponibilidad de alimentos en México: Un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050. *Papeles de Poblacion*, 23(93), 207–230. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.027>
- Caicedo-Lopez, L. H., Contreras-Medina, L. M., & Guevara-González, R. G. (2022). *Aplicación de emisiones acústicas (EA) como inductores de tolerancia a sequía y producción de capsainoides en plantas Capsicum annum L.* Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería Biosistemas.
- Cerón-carrillo, T., Munguía-pérez, R., García, S., & Santiesteban-lópez, N. A. (2015). Actividad antimicrobiana de extractos de diferentes especies de Chile (Capsicum). *Revista Iberoamericana de Ciencias*, (July 2014).
- Kafash, Z. H., Khoramnejadian, S., Ghotbi-Ravandi, A. A., & Dehghan, S. F. (2022). Traffic noise induces oxidative stress and phytohormone imbalance in two urban plant species. *Basic and Applied Ecology*, 60, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.01.010>
- López Puc Guadalupe, Manuel O. Ramírez Sucre, & Ingrid M. Rodríguez Bienfil. (2020). *Capsainoides en Chile habanero (Capsicum chinense J.) y factores que afectan su producción. En CIATEJ (Ed.), Metabolómica y cultivo del Chile habanero (Capsicum chinense Jacq) de la Península de Yucatán (CIATEJ, Ed.; Vol. 6, pp. 95–116).*
- López-Gómez, A., & Rosales-Castro, M. (2025). La adición de composta y té de composta incrementan el desarrollo en un cultivo de Chile jalapeño (*Capsicum annum*) y su concentración de capsainoides. *Biotechnia*, 27, e2663. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v27.2663>
- López-López, C., Antenor Exebio-García, A., Flores-Velázquez, J., Alejandro Bolaños-González, M., & Enrique Rubiños-Panta, J. (2025). *Evaluación Asociativa del Impacto Económico del Estrés Hídrico en la Producción Agrícola del Noreste de México Mediante Indicadores Associative Assessment of the Economic Impact of Water Stress on Agricultural Production in Northeastern Mexico Using Indicators*. <https://doi.org/10.28940/terra>
- López-Ordaz, P., Orozco-Palma, G., Daza-Merino, C. L., Perea-Flores, M. J., Torres-Ventura, H. H., & Yáñez-Fernández, J. (2022). Producción de Chile (*Capsicum spp.*) en México y sus beneficios medicinales y alimentarios. *Mexican Journal of Technology and Engineering*, 1(3), 11–16. <https://doi.org/10.61767/mjte.001.3.1116>
- Magalhães, I. C. S., Muniz, I. M. B., Souza, G. T. de, Souza, M. da R., & Castro, C. C. de. (2024). What is known about chili pepper pollination (*Capsicum chinense Jacq.*, Solanaceae) around the world and its influence on production? *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(4), e74147. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-033>
- Pardo Salazar, F., Mauricio Benavente, A., Cabello Torres, R., & Valdiviezo-Gonzales, L. (2024). Sound waves of classical music optimize the performance of hydroponic lettuce cultivation. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for*

Engineering, Education and Technology.

<https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1332>

Prasetyo, J., & Raju. (2021). Effect of violin sound exposure with pressure level variation to green mustard (*Brassica juncea* L.) growth and productivity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 782(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022071>

Proesmans, W., Albrecht, M., Gajda, A., Neumann, P., Paxton, R. J., Pioz, M., Polzin, C., Schweiger, O., Settele, J., Szentgyörgyi, H., Thulke, H. H., & Vanbergen, A. J. (2021). Pathways for Novel Epidemiology: Plant–Pollinator–Pathogen Networks and Global Change. In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 36, Number 7, pp. 623–636). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.03.006>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022, November 24). *Al que no quiere jalapeño, no es mexicano*. Al Que No Quiere Jalapeño, No Es Mexicano.

Traveset Anna. (2025). *La crisis de los polinizadores* (Editorial Icsic, Ed.). Colección ¿Qué sabemos de? https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr&id=OoZTEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=polinizacion+problematika&ots=an32kXKyVM&sig=Rfd8CbH33s5dPP-dK3Tgw-CYQgY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Veits, M., Khait, I., Obolski, U., Zinger, E., Boonman, A., Goldshtein, A., Saban, K., Seltzer, R., Ben-Dor, U., Estlein, P., Kabat, A., Peretz, D., Ratzersdorfer, I., Krylov, S., Chamovitz, D., Sapir, Y., Yovel, Y., & Hadany, L. (2019). Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration. *Ecology Letters*, 22(9), 1483–1492. <https://doi.org/10.1111/ele.13331>

Yasin, M., Li, L., Donovan-Mak, M., Chen, Z. H., & Panchal, S. K. (2023). Capsicum Waste as a Sustainable Source of Capsaicinoids for Metabolic Diseases. In *Foods* (Vol. 12, Number 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12040907>

Ye, Z., Yang, R., Xue, Y., Xu, Z., He, Y., Chen, X., Ren, Q., Sun, J., Ma, X., Hu, J., & Yang, L. (2023). *Evidence for the role of sound on the growth and signal response in duckweed*. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2163346>

Aterosclerosis secundaria al diagnóstico de estrés crónico en adultos mayores: artículo de revisión

Mariana Raquel Servín-Mundo, Juan Manuel Martínez-Monzón, Mónica Anahí Yáñez-Trejo, Camila Peralta-Tamayo, Montserrat Bucio-Moran, Ian Emiliano Martínez-Martínez, Alix Naara Ortiz-Ortega, Adrián Enrique Hernández-Muñoz

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro

juanuaq2004@gmail.com

Resumen

Introducción: El estrés crónico representa un problema relevante de salud pública y se ha asociado con alteraciones cardiovasculares, como la aterosclerosis, particularmente en la población de adultos mayores. Ante ello, el objetivo del artículo será describir la aterosclerosis secundaria al estrés en esta población de adultos.

Metodología. Se realizó una revisión descriptivo-narrativa con base en lineamientos de la Declaración PRISMA. Se revisó literatura primaria reciente sobre mecanismos fisiopatológicos, evidencia epidemiológica y abordaje terapéutico de la aterosclerosis vinculada al estrés crónico. **Resultados:** La activación sostenida del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y del sistema simpático incrementa cortisol y catecolaminas, favoreciendo disfunción endotelial, inflamación crónica, oxidación de LDL y formación de células espumosas. Estos procesos aceleran la progresión de la placa ateromatosa y aumentan el riesgo de eventos cardiovasculares. En adultos mayores, la edad actúa como principal factor de riesgo, potenciando el impacto del estrés sobre la carga aterosclerótica. Las consecuencias incluyen mayores tasas de hospitalización y costos sanitarios.

Conclusión: La evidencia respalda un abordaje integral que combine intervención psicosocial, modificaciones del estilo de vida y tratamiento farmacológico hipolipemiante. La modulación del estrés constituye un componente clave para disminuir la progresión aterosclerótica y mejorar el pronóstico cardiovascular en adultos mayores.

Palabras Clave: aterosclerosis; estrés; placa; enfermedades cardiovasculares; hospitalización.

Abstract

Background. Chronic stress is a significant public health concern and has been associated with cardiovascular alterations, including the progression of atherosclerosis, particularly in older adults' population. Therefore, the objective of the article is to describe the atherosclerosis secondary to stress in this specific adult population.

Methodology. A descriptive-narrative review was conducted following the PRISMA Declaration's guidelines. Primary literature addressing pathophysiological mechanisms, epidemiological evidence, and therapeutic approaches related to stress-induced atherosclerosis was reviewed.

Results. Persistent activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system increases cortisol and catecholamines, promoting endothelial dysfunction, chronic inflammation, LDL oxidation, and foam cell formation. These mechanisms accelerate atheromatous plaque progression and raise the risk of major cardiovascular events. In older adults, age represents the strongest independent risk factor, amplifying the impact of chronic stress on vascular burden. Clinical consequences include increased hospitalizations and healthcare expenditures.

Conclusion. Evidence supports a comprehensive management strategy integrating psychosocial interventions, lifestyle modification, and lipid-lowering pharmacological therapy, particularly statins. Stress modulation emerges as a key component in reducing atherosclerotic progression and improving cardiovascular *outcomes in older populations*.

Keywords (MeSH): atherosclerosis; stress; plaque; cardiovascular diseases; hospitalization.

Introducción

“Es una enfermedad que tengo, ¿sabes? Esclerosis del corazón. Las paredes del músculo cardíaco se desgastan y se adelgazan y, un buen día, podrían reventar.”

Doctor Zhivago (1957). Boris Pasternak.

El estrés crónico definido como estado de preocupación mental representa un problema relevante de salud pública, asociado con trastornos físicos y mentales, así como su impacto económico y social. Actualmente es uno de los factores más importantes que se ve tanto en población de adultos trabajadores como adultos mayores. Por otro lado, a nivel mundial se estima que tiene una prevalencia de 35.1%, así como en México de acuerdo a datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) reporta que más del 75% de la población vive con estrés, de acuerdo al OCC mundial en base a encuestas a trabajadores menciona que por lo menos 40% de la población presenta consecuencias físicas. Se ha observado que el estrés puede condicionar debilitamiento del sistema inmunológico, riesgos cardiovasculares y problemas digestivos, así como también cuestiones psicológicas y anímicas (Huitrón, 2025; Smith & Wesselbaum, 2025).

A su vez se ha encontrado que el estrés crónico es un potencial factor para la presencia de aterosclerosis en adultos mayores. Se ha demostrado que tiene influencia a través de procesos inflamatorios y neuroendocrinos aumentando el estrés oxidativo, daño endotelial y rigidez arterial. Así como también la activación del sistema nervioso central y el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal causando un incremento de los niveles cortisol y catecolaminas, contribuyendo a la aterogénesis (Rahul et al.2025).

Este tema es de suma importancia, sobre todo, en la población de adultos mayores porque se ha observado que en adultos mayores la alteración de riesgo cardiovascular es muy prevalente. Aunado a esto en un estudio observacional transversal realizado en

población urbana de adultos jóvenes en la India, evaluaron el estrés psicosocial y el sedentarismo mediante escalas validadas y encontraron que niveles elevados de estrés se asociaron de forma independiente con mayor grosor íntima-media carotídeo, un marcador temprano de aterosclerosis subclínica.

De manera complementaria en otro estudio se llevó a cabo un estudio transversal en adultos mayores atendidos en un hospital universitario en China, donde analizaron índices de rigidez arterial y parámetros hemodinámicos asociados a arteriosclerosis. Sus resultados mostraron que la presencia de alteraciones vasculares se relaciona con mayor riesgo funcional y cardiovascular (Rahul et al., 2025; Zhang et al., 2024).

Es muy importante el estudio de este tema, porque la aterosclerosis es considerada una enfermedad de importancia en adultos mayores y su prevalencia está aumentando en adultos de la clase trabajadora. Se ha encontrado en evidencia a través de un estudio observacional transversal que la adaptación psicosocial en pacientes expuestos a estrés crónico y alta carga vascular que bajo variables positivas. Los hallazgos apoyan que la modulación del estrés podría influir de forma favorable en la evolución clínica y funcional de la aterosclerosis, actuando como un factor protector directo (Wang et al., 2026); por ello mismo, el presente artículo tiene como objetivo describir en forma de revisión las características principales de la aterosclerosis en adultos mayores y su relación con el diagnóstico previo de estrés crónico.

Metodología

La redacción del manuscrito se sustentó en una revisión estructurada conforme a los lineamientos de la Declaración PRISMA, mediante la consulta de fuentes electrónicas como PubMed y Google Académico. Se incluyeron publicaciones resultado de fuentes primarias y el producto final consistió en un

documento de revisión descriptiva con características propias de un artículo de revisión descriptivo-narrativo, tomando en cuenta la clasificación por Hernández-Muñoz para los tipos de revisiones en áreas de la salud (Hernández-Muñoz et al., 2024).

Tomando en cuenta este tipo de metodología, estas revisiones se distinguen por presentar un tema delimitado, desglosar sus componentes y exponerlos de manera conceptual, sin un análisis sistemático de la información. Se caracteriza por el uso combinado de tiempos verbales en presente y pasado, así como por un estilo descriptivo que permite una expresión académica reflexiva sin perder cercanía discursiva (Sukhera, 2022).

Igualmente, la revisión narrativa permite una búsqueda de la información de manera no sistematizada, lo cual implica una mayor consideración e inclusión de la bibliografía encontrada. Al no tener en cuenta análisis matemáticos de la información, este tipo de revisiones, así como su redacción, permitirán una descripción más concisa, breve y sintetizada de la información (Hernández-Muñoz et al., 2024).

Resultados

Proceso fisiopatológico que determina la aparición de aterosclerosis.

La aterosclerosis es una enfermedad sistémica, inflamatoria, crónica; desencadenada por daño endotelial causado por estrés oxidativo, comúnmente secundario al curso de dislipidemia. En las dislipidemias el aumento de concentración de triglicéridos en el plasma favorece la formación de lipoproteína de baja densidad (LDL) a partir de lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) por medio del aumento en la actividad de la proteína de transferencia de ésteres de colesterol, este aumento de concentraciones de LDL junto con el aumento de triglicéridos en sangre y disminución de lipoproteína de alta densidad (HDL) conforman el fenotipo

lipoproteico aterogénico. Las personas con este fenotipo favorecen la inclusión de LDL en la capa íntima de los vasos, causando una disfunción de la actividad endotelial. El daño al endotelio se manifiesta en forma de vasoconstricción, mayor infiltración lipídica, activación plaquetaria y aumento del estrés oxidativo. Todos los factores culminan en el reclutamiento e infiltración al sitio de inflamación por los monocitos y en el inicio de la formación de la placa de ateroma (Jebari-Benslaiman, S. et al. 2022; Vekic, J., et al. 2022).

La formación de la placa de inflamación endotelial principalmente se desarrolla en sitios vasculares en donde el flujo sanguíneo es turbulento, ahí donde las fuerzas de cizallamiento favorecen el inicio de la disfunción endotelial. El estrés y la perpetuación de la inflamación se debe a la producción por el endotelio lesionado de citocinas proinflamatorias aterogénicas como lo son el Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α), Interleucina 1 y 6 (IL-1, IL-6), proteína quimioatrayente de monocitos (MCP-1) y proteína de choque térmico de 60 kDa (HSP-60). El efecto acumulativo de la producción de estas citocinas favorece la infiltración por células inflamatorias, principalmente, como previamente se mencionó, los monocitos. Los monocitos una vez que se encuentran dentro de la placa creciente de LDL, se diferencian en macrófagos fenotipo M1 inducido por el ambiente inflamatorio, los macrófagos promueven por medio de síntesis y secreción de diversas sustancias, un ambiente rico en estrés oxidativo y la fagocitosis de los LDL. En las personas con fenotipo aterosclerótico, el colesterol liberado tras la degradación de las LDL se acumula dentro del macrófago, promoviendo la génesis de las células espumosas (Jebari-Benslaiman, S. et al., 2022).

Tras la gran acumulación de células espumosas en el centro de la placa creciente aterosclerosis, se comienza a generar un centro necrótico que genera inestabilidad a la misma. Para estabilizar la placa, filamentos de fibrina se unen y cubren la zona lábil, el desarrollo de este recubrimiento constituye el estadio

de la aterosclerosis avanzada. Posterior a la estabilización de la placa, la misma puede sufrir microcalcificaciones, iniciando por la porción central de la placa y como efecto crónico generar rigidez arterial (Björkegren, Johan L. et al., 2022).

Aterosclerosis secundaria al estrés crónico.

El estrés crónico activa el eje simpático-adrenérgico y el eje HPA (hipotalámico –pituitario–adrenal), aumenta catecolaminas y cortisol, y promueve disfunción endotelial por menor óxido nítrico. Esta alteración genera fenotipo proinflamatorio con ligando 2 de quimiocina (CCL2) y facilita entrada subendotelial de LDL, favorece oxidación a lipoproteína de baja densidad mínimamente modificada (mmLDL) y lipoproteína de baja densidad oxidada (oxLDL) y activa el factor nuclear Kappa B (NF- κ B) en endotelio y macrófagos (Henein 2022; Xu 202).

Un aumento sostenido del tono simpático activará el eje neural-hematopoyético-arterial, estimula médula ósea y bazo, e incrementa leucopoyesis y monocitos circulantes. Estos monocitos se reclutan a la íntima por adhesión inducida por noradrenalina, se diferencian en macrófagos, captan oxLDL y forman células espumosas que expanden el núcleo lipídico (Ajoobabady 2024; Henein 2022).

La inflamación crónica de bajo grado comienza a activar al inflammasoma NLRP3, libera IL-1 β e IL-6, adelgaza la tapa fibrosa y favorece placas vulnerables con resistencia a glucocorticoides. Los episodios agudos recurrentes de estrés mental generan picos simpáticos, aumentan adhesión endotelial y activación plaquetaria, crean estado protrombótico y precipitan síndrome coronario agudo (Ajoobabady 2024; Henein 2022).

Características epidemiológicas de la enfermedad.

La enfermedad cardiovascular es la principal causa de muerte prematura a nivel mundial y, en la mayoría de los casos, la aterosclerosis constituye su base fisiopatológica predominante. Hasta 2020, más de

420 millones de personas presentaban enfermedad cardiovascular, responsable de aproximadamente el 31 % de todas las muertes globales. La mayor carga de mortalidad ocurre en países de ingresos bajos y medios, donde la detección tardía del proceso aterosclerótico incrementa el riesgo de desenlaces fatales (Luca et al., 2023).

Los algoritmos de estimación de riesgo cardiovascular, como Framingham, QRISK y ACC/AHA ASCVD, integran múltiples factores clínicos para calcular el riesgo individual de aterosclerosis. La evidencia derivada de estos modelos coincide en que la edad es el factor de riesgo más importante para el desarrollo de aterosclerosis, incluso por encima de otros determinantes tradicionales. El aumento aislado de la edad, manteniendo constantes las demás variables, se asocia con un incremento significativo del riesgo estimado de aterosclerosis (Head et al., 2017).

En México, el incremento de enfermedades crónico-degenerativas se asocia con una mayor carga cardiovascular, donde la aterosclerosis macrovascular aumenta su incidencia conforme avanza la edad. Estudios nacionales han demostrado que la severidad de la aterosclerosis y el número de territorios arteriales afectados se incrementan progresivamente en adultos de mayor edad. Sin embargo, las lesiones ateroscleróticas avanzadas también se han identificado en población joven, incluyendo menores de 15 y 35 años, con compromiso multiterritorial relevante (Rodríguez-Saldaña et al., 2014).

Discusión.

Complicaciones clínicas y sociales de la enfermedad aterosclerótica.

Después de todo lo anteriormente dicho, se ha demostrado que el estrés crónico tiene consecuencias sustanciales sobre la salud cardiovascular, especialmente en el desarrollo y progresión de la aterosclerosis mediante la activación sostenida del eje

hipotálamo-hipófisis-adrenal y el sistema simpático. Esta activación genera una elevación persistente de cortisol y catecolaminas, lo que contribuye a la disfunción endotelial y mecanismos relacionados a la aterogénesis. Además, el estrés crónico modula negativamente la conducta y los estilos de vida, aumentando los hábitos nocivos que actúan como mediadores adicionales del riesgo ateroesclerótico (Levine et al., 2021; Spencer et al., 2024).

El impacto del estrés crónico se refleja en mayor riesgo de eventos cardiovasculares y se asocia con un incremento del grosor íntima-media carotídeo, el cual es considerado un marcador subclínico de progresión ateroesclerótica. La exposición prolongada al estrés promueve la producción de monocitos proinflamatorios que se infiltran en las placas y agravan la respuesta inflamatoria vascular. Esta inflamación persistente está relacionada con estrés oxidativo elevado que daña lípidos y células endoteliales, contribuyendo a la inestabilidad de placas ateroescleróticas (Ma et al., 2025; Spencer et al., 2024).

Socioeconómicamente, el aumento de las enfermedades cardiovasculares condiciona un problema de salud pública, ya que incrementa el consumo de recursos y la población afectada, generando un gasto estimado de 317 millones de pesos en atención médica durante 2019-2028 (IMSS, 2023). Se ha demostrado que existe mayor hospitalización de pacientes con enfermedad vascular cerebral, lo que incrementa el uso de camas hospitalarias y recursos médicos, limitando la disponibilidad de atención primaria adecuada (IMSS, 2023) (Pico-Guzmán et al., 2022).

Reflexiones finales: sugerencias de tratamiento enfocado en ambos padecimientos.

Para un tratamiento eficaz de la aterosclerosis se deben observar los cambios psicosociales de forma primordial, sobre todo el estrés crónico, esto por su conexión con la activación neuroendocrina y la

respuesta inflamatoria sistémica. Se reconoce la terapia cognitivo conductual como un facilitador para la adherencia terapéutica. En casos cuyo estrés se acompaña persistentemente de síntomas ansiosos, se recomienda una valoración especializada, que mantenga como pilar el abordaje psicológico (National Heart, Lung, and Blood Institute, 2024).

Las intervenciones no farmacológicas se complementan con los cambios de vida, como una alimentación cardioprotectora, al igual que poseer un correcto ciclo circadiano y una constante activación física, debido al impacto que dan sobre el metabolismo lipídico. Estas medidas contribuyen a reducir el colesterol LDL y triglicéridos, además de beneficiar la función endotelial y disminuir la progresión de la placa ateroesclerótica. La evidencia clínica resalta que estas modificaciones son fundamentales incluso cuando se inicia tratamiento farmacológico (Sociedad Mexicana de Cardiología, 2022).

En pacientes con aterosclerosis establecida o con riesgo cardiovascular elevado, el tratamiento farmacológico hipolipemiante es el principal pilar terapéutico, destacando el uso de estatinas como la atorvastatina. Estos fármacos actúan inhibiendo la enzima hidroximetilglutaril CoA (HMG CoA reductasa), disminuyendo la síntesis hepática de colesterol y reduciendo los eventos cardiovasculares a largo plazo. Existen situaciones específicas, donde se emplean fibratos para mejorar el perfil lipídico, sin sustituir la importancia del estrés como variable central de tratamiento integral (Pavía et al., 2022).

Fortalezas y debilidades del artículo

Entre las principales fortalezas del presente artículo destaca la integración conceptual de mecanismos fisiopatológicos, evidencia epidemiológica y repercusiones clínicas, lo que permite comprender de manera amplia la interacción entre el estrés crónico y la aterosclerosis en adultos mayores. La estructura

narrativa facilita una exposición progresiva del proceso aterogénico, incorporando fundamentos inflamatorios, neuroendocrinos y hemodinámicos. Asimismo, el uso de literatura reciente y la contextualización nacional fortalecen la pertinencia clínica de ambos padecimientos.

No obstante, al tratarse de una revisión descriptivo-narrativa, el trabajo no incorpora un análisis sistemático ni una evaluación formal del riesgo de sesgo de los estudios incluidos. La ausencia de criterios estrictos de selección y síntesis cuantitativa limita la posibilidad de establecer conclusiones causales robustas o estimaciones de magnitud del efecto. Además, la heterogeneidad metodológica de las investigaciones citadas puede influir en la consistencia de los hallazgos. Estas limitaciones son inherentes al diseño narrativo: no obstante, la naturaleza descriptiva del texto puede servir para presentar información que sirva de evidencia para futuros artículos de revisión sistemática u originales.

Conclusión

La evidencia revisada permite afirmar que el estrés crónico y la aterosclerosis constituyen entidades interrelacionadas de alta relevancia en la población de adultos mayores. La activación sostenida del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal y del sistema simpático favorece procesos inflamatorios, disfunción endotelial y progresión de la placa ateromatosa, incrementando la probabilidad de eventos cardiovasculares mayores. Desde una perspectiva clínica, esta interacción contribuye a mayor morbilidad y hospitalizaciones recurrentes.

En el ámbito social y económico, la carga de enfermedad cardiovascular implica elevados costos sanitarios, reducción de productividad y mayor dependencia en adultos mayores, afectando tanto a los sistemas de salud como a las familias. El abordaje debe ser integral, combinando intervenciones psicosociales —como terapia cognitivo-conductual—

con modificaciones del estilo de vida y tratamiento farmacológico -Lo cual sea de acuerdo con el riesgo individual de cada persona. La modulación del estrés emerge así como un componente estratégico dentro del tratamiento global de la aterosclerosis y la prevención de complicaciones, secundario de ambos padecimientos que representan por sí solos padecimientos de importancia clínica.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Referencias

- Ajoolabady, A., Praticò, D., Lin, L., Wang, X., Zhang, Y., & Ren, J. (2024). Inflammation in atherosclerosis: pathophysiology and mechanisms. *Cell Death & Disease*, 15, 25. <https://doi.org/10.1038/s41419-023-06569-7>
- Björkegren, J. L., & Lusis, A. J. (2022). Atherosclerosis: Recent developments. *Cell*, 185(10), 1630-1645. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.04.004>
- Head, T., Daunert, S., & Goldschmidt-Clermont, P. J. (2017). The aging risk and atherosclerosis: A fresh look at arterial homeostasis. *Frontiers in Genetics*, 8, 216. <https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00216>
- Henein, M., Vancheri, S., Longo, G., & Vancheri, F. (2022). The impact of mental stress on cardiovascular health—Part II. *Journal of Clinical Medicine*, 11(23), 7158. <https://doi.org/10.3390/jcm11237158>
- Huitrón, L. (2025). Estrés en México: 40% ya tiene problemas de salud por este padecimiento. *Infobae*. <https://www.infobae.com/mexico/2025/04/30/estres-en-mexico-40-ya-tiene-problemas-de-salud-por-este-padecimiento/>
- Jebari-Benslaiman, S., Galicia-García, U., Larrea-Sebal, A., Olaetxea, J. R., Alloza, I., Vandenbroeck, K., Benito-Vicente, A., & Martín, C. (2022). Pathophysiology of Atherosclerosis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6), 3346. <https://doi.org/10.3390/ijms23063346>
- Levine, G. N., Cohen, B. E., Commodore-Mensah, Y., Fleury, J., Huffman, J. C., Khalid, U., Labarthe, D. R., Lavretsky, H., Michos, E. D., Spatz, E. S., & Kubzansky, L. D. (2021). Psychological health, well-being, and the mind-heart-body connection: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 143(10), e763–e783. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000947>
- Luca, A. C., David, S. G., David, A. G., Țarcă, V., Pădureț, I.-A., Mîndru, D. E., Roșu, S.
- T., Roșu, E. V., Adumitrăchioaiei, H., Bernic, J., Cojocaru, E., & Țarcă, E. (2023). Atherosclerosis from newborn to adult—Epidemiology, pathological aspects, and risk factors. *Life*, 13(10), 2056. <https://doi.org/10.3390/life13102056>

- Ma, L., Lv, M., Li, Y., Yang, C., Li, W., Sun, J., Han, T., Guo, Z., Li, D., Yan, Z., Li, R., & Zhang, L. (2025). Chronic financial stress and cardiovascular disease risk: A prospective cohort study and Mendelian randomization analysis. *Atherosclerosis*, 408, 120460. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2025.120460>
- National Heart, Lung, and Blood Institute. (2024, 30 de octubre). Aterosclerosis: Tratamiento. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/aterosclerosis/tratamiento>
- Pavía, A. A., Aguilar, S. C., Alexanderson, E. R., Ahumada, M. A., Alcocer, M. G., Arenas, J. L., Arenas, L. d. R. A., Borges, O. V., Benavides, M. A., Cardona, E., Cortés, J. L., Cossio, J., Elías, J., Garfio, B., Hernández, E., Lara, A. E., Méndez, M. Á. B., Morales, E. V., Muñoz, A. V., ... Verdejo, J. P. (2020). Consenso de la Sociedad Mexicana de Cardiología en el diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias y aterosclerosis. *Medicina Interna de México*, 36(3), 390–413. <https://doi.org/10.24245/mim.v36i3.3671>
- Pavía-López, A. A., Alcocer-Gamba, M. A., Ruiz-Gastélum, E. D., Mayorga-Butrón, J. L., Mehta, R., Díaz-Aragón, F. A., Aldrete-Velasco, J. A., López-Juárez, N., Cruz-Bautista, I., Chávez-Mendoza, A., Secchi-Nicolás, N. C., Guerrero-Martínez, F. J., Cossio-Aranda, J. E., Mendoza-Zubieta, V., Fanghanel-Salmón, G., Valdivia-Proa, M., Olmos-Domínguez, L., Aguilar-Salinas, C. A., Dávila-Maldonado, L., & Vázquez-Rangel, A. (2022). Guía de práctica clínica mexicana para el diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias y la enfermedad cardiovascular aterosclerótica. *Archivos de Cardiología de México*, 92(Supl.), 1–62. <https://doi.org/10.24875/ACM.M22000081>
- Picó-Guzmán, F. J., Martínez-Montañez, O. G., Ruelas-Barajas, E., & Hernández-Ávila, M. (2022). Estimación del impacto económico por complicaciones cardiovasculares y de diabetes mellitus 2019-2028. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 60(Supl. 2), S86–S95. <https://doi.org/10.24875/RMIMSS.M22000038>
- Rahul, Y., Krishnakanth, K., & Sarwari, K. N. (2025). Role of psychosocial stress and sedentary lifestyle in accelerated atherosclerosis among young adults. *European Journal of Cardiovascular Medicine*, 15(8), 31–34. <https://doi.org/10.61336/ejcm/25-08-07>
- Rodríguez-Saldaña, J., Rodríguez-Flores, M., Cantú-Brito, C., & Aguirre-García, J. (2014). A pathological study of the epidemiology of atherosclerosis in Mexico City. *Cardiology Research and Practice*, 2014, 264205. <https://doi.org/10.1155/2014/264205>
- Smith, M. D., & Wesselbaum, D. (2025). Global evidence on the prevalence of and risk factors associated with stress. *Journal of Affective Disorders*, 374, 179–183. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.01.053>
- Spencer, C., Reed, R. G., Votruba-Drzal, E., & Gianaros, P. J. (2024). Psychological stress and the longitudinal progression of subclinical atherosclerosis. *Health Psychology*, 43(1), 58–66. <https://doi.org/10.1037/hea0001333>
- Vekic, J., Zeljkovic, A., Cicero, A. F. G., Janez, A., Stoian, A. P., Sonmez, A., & Rizzo, M. (2022). Atherosclerosis Development and Progression: The Role of Atherogenic Small, Dense LDL. *Medicina*, 58(2), 299. <https://doi.org/10.3390/medicina58020299>
- Wang, L., Wang, Y., Gao, Z., & Jiang, D. (2026). Analysis of psychosocial adaptation status and influencing factors in patients with diabetic lower limb arteriosclerosis obliterans. *Medicine*, 105(1), e46919. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000046919>
- Xu, S., Ilyas, I., Little, P. J., Li, H., Kamato, D., Zheng, X., Luo, S., Li, Z., Liu, P., & Weng, J. (2021). Endothelial dysfunction in atherosclerotic cardiovascular diseases and beyond: From mechanism to pharmacotherapies. *Pharmacological Reviews*, 73(3), 924–967. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.120.000096>
- Zhang, K., Ma, Y., Yang, D., Cao, M., Jin, H., & Leng, J. (2024). Association between arteriosclerosis, hemodynamic indices, and the risk of falls. *Frontiers in Medicine*, 11, 1469052. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024>

Características metodológicas y elementos teóricos de los reportes de caso médicos: artículo de revisión narrativa

Montserrat Paz-García, Isis Osiris Ortega-Suárez, Karla Pérez-Velázquez, María Karen Vargas-Barrón, Andrei Michell Guzmán-Elizarraraz, Adrián Enrique Hernández-Muñoz

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro

iortegal6@alumnos.uaq.mx

Resumen

Introducción. El reporte de caso (RC) es un diseño observacional descriptivo que documenta de manera detallada experiencias clínicas individuales, especialmente en situaciones inusuales o poco frecuentes. Aunque ocupa un nivel bajo en la jerarquía de evidencia, constituye una herramienta relevante para la generación de hipótesis y el avance del conocimiento clínico. A pesar de su relevancia, existen altas tasas de rechazo para los RC, por lo que requieren una estructura adecuada y una presentación clara para su aceptación. Considerando lo anterior, el objetivo del presente artículo fue describir las características metodológicas y los elementos teóricos de RC en la investigación médica.

Metodología. Se realizó una revisión narrativa mediante búsquedas en bases de datos electrónicas (PubMed y Google Académico) y consulta de documentos oficiales, utilizando términos relacionados con reportes de caso y guías CARE. Se incluyeron artículos metodológicos, revisiones y documentos normativos.

Resultados. De manera descriptiva, se puede comentar que los RC permiten describir manifestaciones atípicas, eventos adversos y enfermedades poco frecuentes. Su estructura se encuentra estandarizada mediante las guías CARE, que establecen criterios de transparencia, completitud y calidad. Aunque presentan limitaciones como sesgos y baja capacidad de generalización, constituyen el punto inicial para la formulación de hipótesis y futuras investigaciones.

Conclusión. Los RC continúan siendo relevantes en la práctica clínica para la descripción de casos clínicos poco frecuentes, o con un tratamiento o complicación clínica diferente a lo reportado en la literatura. Su adecuada elaboración metodológica incrementa su validez científica y mejora sus posibilidades de publicación, contribuyendo a la generación temprana de evidencia clínica.

Palabras Clave: reportes de caso; Guías CARE; clínico; enfermedad; diseño, estudio.

Abstract

Background. Case reports (CR) is a descriptive observational design that documents individual clinical experiences in detail, especially in unusual or rare situations. Although it occupies a low level in the hierarchy of evidence, it is a relevant tool for generating hypotheses and advancing clinical knowledge. Despite their relevance, there are high rejection rates for the CR, therefore they require a proper structure and clear presentation essential for their acceptance. Considering this, the objective of this article was to describe the methodological characteristics and theoretical elements of CRs in medical research.

Methodology. A narrative review was conducted using searches in electronic databases (PubMed and Google Scholar) and official documents, using terms related to case reports and CARE guidelines. Methodological articles, reviews, and normative documents were included.

Results. Descriptively, CR allows for the description of atypical manifestations, adverse events, and rare diseases. Their structure is standardized by the CARE guidelines, which establish criteria for transparency, completeness, and quality. Although they have limitations such as bias and low generalizability, they constitute the starting point for formulating hypotheses and future research.

Conclusion. Clinical trials remain relevant in clinical practice for describing rare clinical cases, or those with a treatment or clinical complication different from that reported in the literature. Their proper methodological development increases their scientific validity and improves their chances of publication, contributing to the early generation of clinical evidence.

Keywords (MeSH): case report; CARE Guidelines; clinical; disease; study design.

Introducción

“Mi mente —dijo mi amigo Sherlock Holmes— se rebela contra el estancamiento. Dame casos, dame problemas, dame trabajo; ¡Dame el criptograma más abstruso o el análisis más intrincado, y me sentiré en mi ambiente!”

El signo de los Cuatro (1890). Arthur Conan Doyle.

Dentro del marco de las investigaciones médica, el Reporte de Caso (RC) constituye un diseño de estudio observacional descriptivo que documenta de manera detallada la experiencia clínica de un solo paciente, particularmente cuando presenta características inusuales, eventos poco frecuentes o de interés médico (Kandi & Vadakedath, 2023).

Este tipo de publicación organiza la información obtenida de la historia clínica, la evolución del padecimiento y las intervenciones diagnósticas y terapéuticas realizadas, permitiendo describir manifestaciones atípicas, enfermedades poco comunes o efectos adversos no esperados. Suelen representar el primer indicio para la generación de hipótesis, la identificación de nuevos enfoques clínicos y el impulso de futuras investigaciones con mayor nivel de evidencia (Méndez-Álvarez et al., 2019).

Igualmente, los RC tienen una relevancia significativa tanto en la investigación médica como en la práctica clínica, ya que permiten documentar situaciones que difícilmente pueden ser estudiadas mediante otros diseños de investigación. En primer lugar, constituyen el principal medio para describir eventos clínicos poco frecuentes o inusuales, lo que los convierte en una fuente valiosa para la generación de nuevas ideas y el avance del conocimiento médico (Alsawyid & Abdulhaq, 2019)

Asimismo, pueden contribuir a la formulación, confirmación o cuestionamiento de teorías existentes, favoreciendo el desarrollo de futuras investigaciones. En el ámbito clínico, estos diseños

aportan observaciones diagnósticas y terapéuticas novedosas, incluyendo respuestas clínicas inesperadas o previamente no comprendidas, lo que puede influir en la toma de decisiones médicas. También permiten el análisis de escenarios clínicos complejos que no son susceptibles de reproducción experimental por consideraciones éticas, ofreciendo un valor significativo para la enseñanza (Méndez-Álvarez et al., 2019).

En los últimos años, se ha observado un renovado interés por los RC dentro de la literatura científica, particularmente en el contexto de enfermedades emergentes, condiciones raras y respuestas atípicas a nuevas terapias, lo que ha reposicionado a este diseño como un componente relevante en la vigilancia clínica y la generación temprana de evidencia (Gagnier et al., 2021).

En relación con otros diseños de investigación, los RC suelen aportar un nivel de evidencia inferior y obtener un menor número de citaciones, situación que repercute directamente en el factor de impacto de las revistas científicas. Esta condición ha llevado a que muchas publicaciones, en especial aquellas de alto impacto, restrinjan la aceptación de informes y series de casos, haciendo que las políticas editoriales determinen tanto la frecuencia como la modalidad de su publicación (Pineda-Leguízamo et al., 2018)

Adicionalmente, organismos internacionales han enfatizado la necesidad de fortalecer la calidad metodológica y la transparencia en la elaboración de estos estudios, promoviendo el uso de listas de verificación y guías estructuradas que permitan mejorar su reproducibilidad, claridad y utilidad clínica (Equator Network, 2022). En el caso de los diseños de caso, la metodología utilizada se basa en las recomendaciones metodológicas conocidas como las Guías CARE (*CAse REport Guidelines*).

No obstante, a pesar de lo anterior, en la actualidad la publicación de un RC representa un reto considerable, ya que más del 70 % de los manuscritos son rechazados debido a deficiencias

metodológicas. Es por ello que es muy importante considerar los elementos y los criterios narrativos metodológicos para describir los reportes de caso y que puedan ser publicados (Lama, 2023). Considerando lo anterior, el objetivo del presente artículo fue describir las características metodológicas y los elementos más importantes de los RC en la investigación médica.

Metodología

El presente trabajo se desarrolló como una revisión narrativa con enfoque descriptivo-crítico, orientada a analizar los fundamentos teóricos, metodológicos y editoriales de los RC en la investigación médica. Este tipo de revisión permite integrar conceptos históricos, normativos y prácticos, ofreciendo una visión contextualizada del tema sin desvincularse del rigor académico (Hernández-Muñoz et al., 2024; Sukhera, 2024).

Para la elaboración del manuscrito se realizó una búsqueda estructurada en bases de datos electrónicas como PubMed y Google Académico, complementada con la consulta de documentos oficiales y sitios especializados en guías editoriales. Se emplearon palabras clave en español e inglés, entre ellas: “reporte de caso” (“case report”), “Guías CARE” (“CARE Guidelines”), “investigación clínica” (“clinical research”).

Se priorizó la inclusión de literatura publicada sobre el tema, con el fin de garantizar la actualidad de la evidencia presentada, así como documentos clásicos considerados fundamentales para la comprensión de los diseños de RC. Asimismo, se consideraron criterios de pertinencia temática, calidad metodológica y relevancia editorial.

Considerando lo anterior, se incluyeron artículos originales, revisiones, documentos metodológicos y guías internacionales; organizándose la información en ejes temáticos: definición y características del reporte de caso, estructura metodológica según guías

la Declaración de las Guías CARE y aportaciones al campo clínico y limitaciones metodológicas.

Resultados

Características principales de los diseños de caso

El RC es un estudio de carácter observacional que se centra de forma detallada en las eventualidades médicas que atraviesa un paciente, así como en su abordaje. Tiene como finalidad describir enfermedades poco comunes o nuevas, evaluar si la intervención farmacológica o terapéutica fue la más adecuada, proponer hipótesis iniciales y, finalmente, servir como punto de inserción para futuras investigaciones con mayor jerarquía metodológica y la educación médica. No obstante, presenta un alto grado de sesgo, ya que se basa en un número limitado de casos, lo que dificulta la demostración de causalidad (Díaz Ibarra et al., 2023; Riley et al., 2017).

A pesar de estas limitaciones, su valor radica en su capacidad para identificar señales clínicas tempranas, especialmente en contextos donde no existe evidencia previa suficiente, como ocurre en enfermedades raras o en la aparición de efectos adversos poco frecuentes asociados a nuevas intervenciones terapéuticas (Murad et al., 2020).

En cuanto su elaboración, se recomienda el uso de las guías CARE, las cuales establecen la siguiente estructura: título, palabras clave, resumen, introducción, descripción del caso y hallazgos clínicos. Posteriormente, continúa con la cronología de los acontecimientos clínicos, el diagnóstico reportado, así como la intervención realizada -La cual puede ser farmacológico o quirúrgica- y el seguimiento. Finalmente, estas guías continúan con la discusión, conclusión, perspectiva del paciente, al igual que la mención del consentimiento informado utilizado y el código de ética proveído por la institución (Díaz Ibarra et al., 2023; Riley et al., 2017).

Cabe destacar que la actualización más reciente de las guías CARE ha enfatizado la importancia de incluir la perspectiva del paciente, así como el contexto clínico integral, con el fin de humanizar la narrativa científica y mejorar la aplicabilidad clínica de los reportes (Riley et al., 2023).

Características metodológicas y narrativas de los reportes clínicos

En cuanto a la extensión, los RC deben caracterizarse por una redacción clara y concisa, enfocada exclusivamente en la información clínica relevante. Aunque la longitud puede variar según las políticas editoriales de cada revista, la mayoría de las guías actuales coinciden en que este tipo de manuscritos suele mantenerse dentro de un rango aproximado de 1500 a 2500 palabras, excluyendo referencias, con un número limitado de tablas y figuras. Esta extensión permite describir adecuadamente el contexto clínico, la evolución del paciente y los hallazgos relevantes sin perder claridad ni rigor metodológico (Alsawyid & Abdulhaq, 2019).

Elementos de las Guías CARE

Las guías CARE surgen bajo la necesidad de estandarizar la transparencia y completitud de los reportes de caso, con la finalidad de aumentar su valor científico y la utilidad para generar conocimiento clínico comparable y reproducible. Fueron presentadas por primera vez el 10 de septiembre de 2013 en el International Peer Review and Biomedical Publication Congress en Chicago con el fin de estandarizar la manera en que se presentan los casos clínicos en publicaciones científicamente. Posteriormente han sido actualizadas y adaptadas a áreas específicas como SCARE y CARE-Radiology (Alsawyid & Abdulhaq, 2019; Velázquez, Calvache y Delgado-Noguera, 2025).

Como tal, estos puntos se tratan de un conjunto de directrices con la finalidad de mejorar y utilidad de los reportes de casos clínicos al proponer 13 puntos (Tabla No.1) a incluir para asegurar consistencia, claridad y calidad. Su importancia radica en permitir que los reportes sean más que una narrativa y tengan mayor utilidad para generar evidencia científica y apoyando futuras investigaciones y publicaciones con el mismo estándar de calidad (Velázquez, Calvache y Delgado-Noguera, 2025).

Reflexiones finales

Las aportaciones al campo clínico de los reportes de caso

El RC ha permitido exponer las diferentes manifestaciones de una misma enfermedad o complicaciones de su manejo. Es importante destacar que la presentación inusual, la complicación de una patología, así como los efectos secundarios del tratamiento son un aspecto fundamental en la educación médica. Se debe a esta particularidad única para generar conocimiento desde la clínica, que los reportes de caso continúan siendo indispensables al proporcionar un estudio detallado del individuo, y al contribuir a modificar una práctica clínica menos eficiente o con resultados menos favorables (Nissen & Wynn 2014).

Las investigaciones clínicas son estudios científicos orientados a generar conocimiento a partir de la observación y análisis sistemático de fenómenos relacionados con la salud y la enfermedad en las personas, con el propósito de mejorar el diagnóstico y el tratamiento, así como de identificar los factores de riesgo asociados, comprender los mecanismos fisiopatológicos y contribuir a la prevención de los padecimientos (Kandi & Vadakedath, 2023).

A su vez, en la práctica contemporánea, los RC han sido fundamentales para la identificación temprana de nuevas entidades clínicas y la descripción de respuestas terapéuticas innovadoras. Particularmente

en áreas como la oncología, neurología y enfermedades infecciosas emergentes, lo que refuerza su papel como herramienta de vigilancia clínica.

Para finalizar, se recomienda que para mejorar la publicación de los RC, se debe de elaborar un título claro y conciso, describir completamente el historial del paciente y la intervención, así como informar sobre los eventos adversos, analizar la relevancia para el conocimiento médico actual, y seguir las directrices CARE. Como tal, los RC son fáciles de redactar; sin embargo, las razones para el rechazo de un informe de caso pueden incluir un formato inadecuado, una redacción deficiente del manuscrito, o un bajo nivel de evidencia. Para evitar estos problemas, los autores deben seguir las directrices de la revista a la cual lo enviarán, editar sus manuscritos a estas reglas y centrarse en técnicas novedosas (Hernández-Muñoz, 2026; Jeyaraman et al., 2023).

Fortalezas, debilidades y comentarios finales

El presente artículo de revisión presenta como fortalezas la integración conceptual, metodológica y editorial de los RC, abordando su definición, estructura, extensión y aportaciones clínicas desde una perspectiva académica sistematizada. Asimismo, incorpora el análisis de las guías CARE como herramienta de estandarización y calidad, lo cual fortalece la utilidad práctica del manuscrito para investigadores y estudiantes.

Entre sus ventajas destaca la claridad en la exposición de los elementos narrativos y éticos necesarios para la publicación. Sin embargo, al tratarse de una revisión narrativa, puede presentar como limitación la ausencia de una evaluación sistemática cuantitativa de la literatura disponible. No obstante, la presentación y síntesis de la información es de utilidad al comentar los principales fundamentos metodológicos y editoriales

de los RC, proporcionando un marco de referencia útil para su adecuada elaboración.

Conclusión

A manera de conclusión, y desde el punto de vista metodológico, los RC constituyen estudios observacionales descriptivos que permiten documentar eventos inusuales, manifestaciones atípicas o efectos adversos no previstos. Aunque ocupan un nivel inferior en la jerarquía de evidencia, su valor radica en la generación de hipótesis y en la identificación temprana de fenómenos clínicos emergentes. En el ámbito educativo y clínico, los reportes de caso continúan siendo una herramienta fundamental para la enseñanza médica, al ofrecer escenarios reales que favorecen el razonamiento clínico y la toma de decisiones.

A su vez, su capacidad para describir situaciones no reproducibles experimentalmente les confiere un valor ético y pedagógico relevante. Finalmente, un reporte de caso clínico o serie de caso, representa un diseño con limitaciones inherentes en términos de causalidad y generalización, pero con una trascendencia significativa en la construcción del conocimiento clínico. Su adecuada elaboración conforme a estándares internacionales incrementa su validez científica y su potencial de publicación.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Dedicatoria

Referencias

- Alsawyid BS, Abdulhaq NM. Guideline on writing a case report. *Urol Ann.* 2019 Apr-Jun;11(2):126-131. doi: 10.4103/UA.UA_177_18. PMID: 31040594; PMCID: PMC6476221.
- Díaz Ibarra, E. A., Abella Pinzón, J. A., & Medina, Y. F. (2023). Metodología: cómo realizar un informe de caso o informe de serie de caso. *Revista Colombiana de Reumatología*, 30(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.rcreu.2021.05.022>
- EQUATOR Network. (2022). Enhancing the quality and transparency of health research. <https://www.equator-network.org/>
- Gagnier, J. J., et al. (2021). The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/care/>
- Hernández-Muñoz, A. E. (2026). *Bases para la elaboración y redacción de artículos en ciencias médicas*. FUNDAp.
- Hernández-Muñoz, A. E., Ugalde-Barrón, S., Ramírez-Mendoza, D.I., Soriano-Pérez, T. Maciel-Caracoza, E. Y., PérezPérez, A., & López-Zapata, V.E. (2024). Tipos de revisiones de la literatura en las investigaciones clínicas: ventajas y utilidades en áreas de investigación y en el campo clínico. *Nthe*, 45(1), 26-34. <https://nthe.mx/detallesrev.php?id=74>
- Jeyaraman, M., Ramasubramanian, S., Jeyaraman, N., Nallakumarasamy, A., & Sharma, S. (2023). Revitalizing case reports: Standardized guidelines and mentorship. *World Journal of Clinical Cases*, 11(19), 4729.
- Kandi, V., & Vadakedath, S. (2023). Clinical trials and clinical research: A comprehensive review. *Cureus*, 15(2), e35077. <https://doi.org/10.7759/cureus.35077>
- Lama, V. (2023). Case report as a challenge in clinical practice and research. *Medicus*. <https://doi.org/10.58944/twgm3836>
- Méndez-Álvarez, Lupo, Albino-Serpa, Fiorella, & Donado-Gómez, Jorge Hernan do. (2019). Informe de casos. ¿Cómo escribir uno de buena calidad?. *Acta Médica Colombiana*, 44 (2), 103-110.
- Murad M.H., Asi N., Alsawas M. & Alahdab F. (2016). New Evidence Pyramid. *BMJ*, 1, 1-3.
- Nissen, T., & Wynn, R. (2014). The clinical case report: A review of its merits and limitations. *BMC Research Notes*, 7(264). <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-264>
- Pineda-Leguizamo, R., Miranda-Novales, G., & Villasis-Keever, M. Á. (2018). La importancia de los reportes de casos clínicos en la investigación. *Revista Alergia México*, 65(1), 92–98. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i1.359>
- Riley, D. S., Barber, M. S., Kienle, G. S., Aronson, J. K., von Schoen-Angerer, T., Tugwell, P., Kiene, H., Helfand, M., Altman, D. G., Sox, H., & CARE Group. (2017). CARE guidelines for case reports: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 89, 218–235. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.04.026>
- Sukhera, J. (2022). Narrative reviews: Flexible, rigorous, and practical. *Journal of Graduate Medical Education*, 14(4), 414- 417. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480>

Tabla No. 1
Componentes fundamentales de un reporte de caso propuestos por las Guías CARE

No.	Elementos	Características
1	Título	<ul style="list-style-type: none"> • Debe incluir el diagnóstico o intervención principal y la frase <i>reporte de caso</i>.
2	Palabras clave	<ul style="list-style-type: none"> • De 2 a 5 términos relevantes; se recomienda incluir <i>reporte de caso</i>.
3	Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis estructurada: introducción, hallazgos principales, diagnóstico/intervención y conclusión.
4	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> • Explica la relevancia, rareza o aporte clínico del caso, con apoyo en literatura.
5	Información del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Datos demográficos, antecedentes relevantes y motivo de consulta, manteniendo confidencialidad.
6	Hallazgos clínicos	<ul style="list-style-type: none"> • Signos y resultados del examen físico importantes para el caso.
7	Cronología	<ul style="list-style-type: none"> • Línea de tiempo con los eventos clínicos clave desde el inicio hasta el seguimiento.
8	Evaluación diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos diagnósticos utilizados, razonamiento clínico y diagnósticos diferenciales.
9	Intervención terapéutica	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos aplicados: tipo, dosis, duración y cambios realizados.

10	Seguimiento y resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución clínica, respuesta al tratamiento y desenlace del paciente.
11	Discusión	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación con literatura existente, fortalezas, limitaciones y lecciones del caso.
12	Perspectiva del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Opinión o experiencia del paciente respecto a su enfermedad y tratamiento.
13	Consentimiento informado	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmación de que el paciente autorizó la publicación del caso.

Teoría y metodología de estudios transversales para tesis médicas

Diego Paniagua-Avecilla, Brianna Concepción Gómez-Michaus, Adrián Enrique Hernández-Muñoz, Carlos Abraham García-Segovia, Celine Alvarado-Marquez, Julio González-Breña, Mardey Liceth Cuellar-Núñez

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro

brimichaus@gmail.com

Resumen

Introducción. Los estudios transversales (ET) son diseños observacionales ampliamente utilizados en investigación médica para estimar prevalencias y analizar asociaciones entre exposiciones y desenlaces en un momento específico. Su factibilidad metodológica los convierte en una herramienta frecuente en proyectos académicos y tesis en ciencias de la salud. Por lo tanto, el objetivo del presente artículo fue describir los elementos teóricos y metodológicos de los ET para su uso en el campo de la investigación médica.

Metodología. Se realizó una revisión narrativa siguiendo lineamientos metodológicos de la Declaración PRISMA. Se efectuó una búsqueda en bases de datos electrónicas (PubMed, Latindex y Google Académico), seleccionándose artículos, libros y ensayos relacionados con los fundamentos teóricos, estadísticos y metodológicos de los ET.

Resultados. Los ET permiten calcular prevalencia e incidencia. Su utilidad incluye la planeación sanitaria, la priorización de intervenciones y la fundamentación teórica de protocolos de investigación. No obstante, pueden presentar sesgos de selección e información si no se diseñan y reportan adecuadamente conforme a guías como STROBE. Igualmente, se puede evitar lo anterior por medio del uso de pruebas diagnósticas altamente sensibles y específicas.

Conclusión. La correcta aplicación de estos diseños exige reconocer sus limitaciones metodológicas para evitar interpretaciones erróneas y fortalecer la validez de los hallazgos. No obstante, los ET representan diseños eficientes, de bajo costo y rápida ejecución, particularmente útiles en contextos académicos, lo cual explica porque son los diseños más utilizados para tesis médicas en áreas de pregrado y posgrado.

Palabras clave (DeCS): transversal, diseño; incidencia; prevalencia; sesgo; salud

Abstract

Background. Cross-sectional studies (Cs-S) are observational designs widely used in medical research to estimate prevalence and analyze associations between exposures and outcomes at a specific point in time. Their methodological feasibility makes them a frequent tool in academic projects and theses in the health sciences. Therefore, the objective of this article was to describe the theoretical and statistical characteristics of Cs-S for their use in the field of medical research.

Methodology. A narrative review was conducted following the methodological guidelines of the PRISMA Statement. A search was performed in electronic databases (PubMed, Latindex, and Google Scholar), selecting articles, books, and essays related to the theoretical, statistical, and methodological foundations of Cs-S.

Results. Cs-S allow for the calculation of prevalence and incidence. Their usefulness includes health planning, prioritization of interventions, and the theoretical foundation of research protocols. However, they can present selection and reporting biases if they are not designed and reported appropriately according to guidelines such as STROBE. Similarly, the above can be avoided throughout the use of highly sensitive and specific diagnostic tests.

Conclusion. The correct application of these designs requires recognizing their methodological limitations to avoid misinterpretations and strengthen the validity of the findings. Nevertheless, Cs-S designs are efficient, low-cost, and quick to implement, particularly useful in academic contexts, which explains why they are the most widely used designs for medical theses at the undergraduate and postgraduate levels.

Keywords (MeSH): cross-sectional study; incidence; prevalence; bias; health

Introducción

“El experimentador que no sabe lo que está buscando no comprenderá lo que encuentra”.

Claude Bernard (1813-1878).

Las investigaciones dentro del campo de la salud permiten contestar una pregunta clínica, siguiendo un objetivo preciso. En medicina, un proyecto de investigación permite describir las causas de un padecimiento, identificar nuevos estudios diagnósticos o generar nuevas propuestas terapéuticas. Este tipo de investigaciones utilizan múltiples tipos de diseños, desde aquellos que son prospectivos y que siguen a la población durante un largo periodo de tiempo, hasta aquellos que son retrospectivos para identificar causas y factores de riesgo, así como aquellos que al hacer un corte en el tiempo identifican prevalencias y se denominan como transversales (Pérez-Moneo et al., 2025).

Los Estudios Transversales (ET) son de tipo observacional, es decir, donde el investigador no interviene en el resultado que se desea evaluar y solo realiza una determinación de porcentajes, prevalencias o perfiles clínico-epidemiológicos. Este diseño mide tanto la exposición como el resultado en un punto determinado en el tiempo y puede ser de dos tipos: descriptivos y analíticos. Los descriptivos caracterizan la prevalencia de una enfermedad en la población de interés. Por otro lado, los ET analíticos, además de identificar prevalencia, determinan asociaciones entre la exposición y la enfermedad (Maier et al., 2023).

La utilidad de los ET en el campo médico e investigativo recae en los siguientes casos: generalizar los resultados de una población, así como el uso de estos para la planeación sanitaria y la evolución de un problema clínicos. Dentro de sus

ventajas se encuentra la eficiencia para estudiar distintas exposiciones simultáneamente y como conllevan al aumento de la prevalencia de un padecimiento. El bajo costo de su realización es una utilidad metodológica que tienen estos diseños, aunado a la velocidad con la que pueden obtenerse resultados a corto plazo (Ponciano-Rodríguez *et al.*, 2024).

En el contexto de la investigación en ciencias de la salud, los ET son ampliamente utilizados para la realización de tesis tanto de licenciatura como de especialidad en medicina, debido a su factibilidad metodológica, y la rapidez en su ejecución previamente comentada. Un estudio realizado en Perú encontró que el diseño transversal descriptivo fue el más común entre las investigaciones de tesis revisadas, representando la mayoría de los trabajos elaborados por estudiantes de medicina (Ángulo-Fernández et al., 2023; Pérez-Moneo et al., 2025). Este predominio se explica en parte porque estos diseños requieren complejidad estadística que los estudios longitudinales (Hernández-Muñoz et al., 2025), características que los hacen atractivos para proyectos académicos de titulación.

No obstante, a pesar de su sencillez metodológica y su utilidad en la determinación del número de casos de un evento de salud, estos diseños pueden presentar diversas limitaciones metodológicas si es que no se identifican a tiempo. Puede haber dificultades para identificar y cuantificar con precisión la exposición de interés si se desconoce el análisis estadístico que realizan, distorsionando la representatividad de la muestra y generando sesgos por casos prevalentes como la sobrerrepresentación de pacientes (García-Fernández et al., 2024). Por ello mismo, es muy importante comentar las características de estos diseños y limitantes que pueden ofrecer estos diseños, con el fin de aplicarlos correctamente en investigaciones o en procesos de titulación. Ante ello,

el objetivo del presente artículo fue describir los elementos teóricos y metodológicos de los ET para su uso en el campo de la investigación médica.

Metodología

El presente artículo se configuró como un documento de revisión narrativa: este formato se orienta a la exposición detallada de un tema particular, acompañada de un examen crítico de sus elementos constitutivos. A diferencia de las revisiones sistemáticas, críticas o de mapeo, este tipo de revisiones emplean una presentación meramente informativa del tema, sin desvincularse del rigor académica, por lo que se tomó en cuenta la metodología para las búsquedas y revisiones narrativas propuestas por Hernández-Muñoz (Hernández-Muñoz et al., 2024). Para ello y para la construcción del manuscrito se siguieron los lineamientos metodológicos de la Declaración PRISMA, realizando una búsqueda en bases de datos electrónicas como PubMed, Google Latindex y Google Académico; seleccionándose artículos científicos, libros y ensayos relacionados con las características principales de los ET.

Desarrollo

Características de los diseños transversales

Tanto los ET, como algunos otros diseños tanto prospectivos como retrospectivos, se basan en las guías STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*). Dicha declaración recomienda la elaboración de 22 ítems (Tabla 1), que se engloban en siete secciones, que permiten la construcción IMRD (*Introducción, Metodología, Resultados, Discusión*) de cualquier

artículo original (Galdeano et al., 2023). Para poder escribir, elaborar y redactar un diseño descriptivo es indispensable seguir estas guías, permitiendo así que la investigación que se está realizando tenga todos los elementos suficientes para que los análisis puedan realizarse de la manera más teórico-metodológica posible (García-Fernández et al., 2024; Hernández-Muñoz et al., 2025).

A su vez, los ET permiten identificar la prevalencia y la incidencia de un padecimiento, así como la causalidad que tiene la exposición hacia un factor de riesgo para la enfermedad que se está estudiando (García-Fernández et al., 2024). La fórmula para calcular lo primero es $p=(a/a+b)*10^n$, donde a representa el número de personas con el evento de interés, b aquellos sin esta característica y 10^n una constante que representa una potencia de 10 -La cual usualmente es 100. Este análisis nos permite la obtención de una frecuencia relativa, o porcentaje (García-Fernández et al., 2024), cuya aplicación dentro del campo clínico podría ser para la determinación de los diagnósticos más probables y frecuentes en poblaciones específicas.

En contraste con la estadística bayesiana, la cual expresa la probabilidad de que una circunstancia aparezca en múltiples eventos determinados, este tipo de análisis probabilístico es más sencillo, sobre todo para la identificación del porcentaje de afectados con un padecimiento de interés. No obstante, es el preámbulo para el cálculo de la estadística inferencial, pues la comparación entre porcentajes permite hacer determinación de asociaciones y causalidades como son los análisis de *Odds Ratio* y *Riesgo Relativo*, hasta incluso el uso de análisis multivariados (Sangrador et al., 2025).

Utilidad estadística y metodológica de los diseños transversales

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, que define en el manual de Epidemiología básica, la incidencia incluye la velocidad y frecuencia en que se presentan casos nuevos de una enfermedad en un tiempo y población determinado, valorando a la vez por medio del porcentaje obtenido, la probabilidad de contraer o presentar la enfermedad. Por otro lado, la prevalencia incluye la cantidad total de casos presentes en una población específica durante un tiempo determinado, y suele representarse como la incidencia en un porcentaje de la misma (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2026).

A parte de las aportaciones estadísticas que proveen estos cálculos, estos análisis pueden ser de utilidad para el estudio de brotes de padecimientos epidemiológicos. Usualmente, suelen clarificarse usando el modelo de una bañera (Figura No. 1), en donde el agua depositada en la tina representa la incidencia, que a su vez, puede aumentar o disminuir en volumen; por su parte, la prevalencia se ejemplifica como el total de agua que se va almacenando en el recipiente el cual representa una comunidad o una población enferma. A su vez, pueden incluirse a la mortalidad, como el desagüe donde va a parar el agua, y la recuperación, como el agua que llega a evaporarse (Farooqui et al., 2023).

Utilidad teórica de los diseños en los proyectos de investigación

La determinación de los ET acerca de las incidencias y prevalencias es de gran relevancia teórica, especialmente en tesis médicas de pregrado y posgrado, radica no sólo en identificar a la población afectada de un proyecto concluido, sino también en

aportar elementos para la elaboración del marco teórico y la justificación. Al redactar la justificación de un protocolo de investigación, es importante determinar la magnitud y trascendencia de un padecimiento; en este sentido, los datos de prevalencia e incidencia permiten comprender estos conceptos, describirlos y establecer qué tan frecuente es la enfermedad que se estudiará (Hernández-Muñoz et al., 2025).

Por lo tanto, este tipo de análisis permite identificar lo que se desconoce del tema, así como sustentar los aspectos teóricos y la justificación de nuevos proyectos de investigación (Manterola et al., 2023). La magnitud se refiere a la importancia cuantitativa del padecimiento, es decir, a la cuantificación de la población afectada reflejada en incidencias o prevalencias. Por otro lado, la trascendencia concierne a qué tanto afectará un problema a largo plazo y su relevancia o impacto a distintos niveles sociales. Ambos conceptos nacen del estudio de la prevalencia e incidencia de un padecimiento y permiten un crecimiento teórico de un proyecto o protocolo de investigación (Ríos-González et al., 2022).

Sesgos que se deben de evitar y utilidades en la toma de decisiones clínicas

Los dos principales ámbitos de sesgo que se pueden presentar en los ET son los relacionados con la población del estudio como es el sesgo de selección, cuando se selecciona inadecuadamente a la muestra con el evento de interés. Otro tipo de sesgos es el de información, el cual implica utilizar instrumentos diagnósticos o de medición que no evalúan el evento de interés que se está estudiando. Como tal, los tipos de sesgo de información incluyen la clasificación incorrecta, el sesgo del observador y el sesgo de recuerdo (Buitrago-García et al., 2022).

Al informar estudios de prevalencia, son esenciales descripciones claras de la población objetivo, la población del estudio, el entorno y contexto del estudio, de igual manera definiciones claras de la condición o factor de riesgo y su medición. Con la falta de una información clara, los riesgos de sesgo no pueden evaluarse correctamente. Sin embargo, el sesgo en los resultados de los estudios de prevalencia puede afectar la toma de decisiones y la determinación de la propagación de enfermedades (Buitrago-García et al., 2022; Sangrador et al., 2025).

Las estimaciones de prevalencia son de gran importancia para la toma de decisiones relacionadas con el ámbito de la salud. Por ejemplo, estas estimaciones se utilizan para evaluar la carga de diferentes condiciones, ayudando así en la definición de prioridades para intervenciones, y en el desarrollo de guías e investigación. También resultan útiles a la hora de evaluar el impacto de las intervenciones de salud ya que nos muestran cambios y tendencias a lo largo del tiempo en las condiciones de interés. Para las evaluaciones de tecnología sanitaria, los datos de prevalencia también son de utilidad a la hora de la estimación de los costos y en modelos clínico-administrativos (Buitrago-García et al., 2022).

Reflexiones finales

Utilidades de los diseños en investigaciones clínicas

Para procesos de egreso tanto en especialidad como maestría y doctorado, en áreas médicas se solicita la titulación tanto por examen de conocimientos como por tesis. Las tesis utilizan diseños de investigación para optimizar y cumplir los objetivos, algunos de estos pueden ser tanto diseños prospectivos como retrospectivos. No obstante, uno de los más utilizados son los ET, dada la facilidad en la recolección de la información y para la estimación de los nuevos casos

o casos ya preexistentes de las enfermedades que se están estudiando (Ángulo-Fernández et al., 2023).

Para clarificar este anterior punto, un estudio transversal analizó las tesis sustentadas en un posgrado de Terapia Respiratoria entre enero de 2012 a diciembre de 2017, el cual incluyó más de 80 tesis que se utilizaron como parte del proceso de titulación. Al analizar estas tesis se encontró que la mayoría eran cuantitativas, especialmente de corte transversal, lo cual es explicado por la estadística probabilística que no requiere grandes inversiones ni seguimientos como sucede en otros diseños. (Aragón-Ayala et al., 2023).

Como ejemplo de la aplicación clínica de los ET, fue la pandemia en donde se utilizó la determinación de los casos nuevos y como es que aumentaban la prevalencia del padecimiento. En estos casos el número de casos nuevos aumentaban los existentes y a su vez aumentaba la prevalencia. A su vez, la determinación de porcentajes y probabilidades ayudaron a entender los factores relacionados con la infección y la enfermedad, para informar a nivel nacional las decisiones sobre las medidas de contención (Buitrago-García et al., 2022).

Fortalezas, debilidades y ventajas

Finalmente, el presente artículo de revisión presenta como fortalezas la integración teórica y estadística de los ET, articulando sus fundamentos conceptuales con su utilidad práctica en la investigación médica y en los procesos de titulación. Asimismo, destaca la incorporación de referentes metodológicos como la declaración STROBE, elementos que aportan solidez estructural a investigaciones con este tipo de diseño. Entre sus ventajas se encuentra la claridad con la que se explican conceptos clave como prevalencia, incidencia y asociaciones estadísticas, facilitando su comprensión para estudiantes de ciencias de la salud. No obstante, al tratarse de una revisión narrativa,

puede presentar como debilidad la ausencia de un análisis sistemático exhaustivo, implicándose como propuestas que se realicen revisiones críticas y sistemáticas de este mismo tema.

Conclusiones

Desde el punto de vista metodológico, los ET constituyen herramientas eficientes, de bajo costo y rápida ejecución, que permiten estimar prevalencias y analizar asociaciones entre exposiciones y desenlaces en un momento determinado. Su aplicabilidad en tesis de licenciatura y posgrado se explica por su factibilidad estadística y operativa, sin que ello implique una menor relevancia científica. Por otro lado, en el ámbito clínico y sanitario, las estimaciones derivadas de estos diseños contribuyen a la planificación en salud, la priorización de intervenciones y la evaluación del impacto de políticas públicas.

La adecuada comprensión de conceptos como magnitud y trascendencia permite fundamentar protocolos de investigación y fortalecer la justificación teórica de nuevos estudios. En síntesis, los diseños metodológicos transversales representan un tipo de estudio accesible, cuya correcta aplicación requiere identificar y minimizar sesgos potenciales por medio del uso de pruebas diagnósticas sensibles y específicas. Su uso apropiado favorece tanto la generación de evidencia en investigación médica, así como a la correcta toma de decisiones clínicas y epidemiológicas.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

“Agradecemos al Dr. Carlos Alberto Vecilla Guerrero por motivarnos e impulsarnos a involucrarnos en la investigación, así como al Dr. Adrián Enrique Hernández Muñoz por su guía y valioso acompañamiento a lo largo de este proyecto. Asimismo, agradecemos profundamente a nuestras familias, cuyo apoyo ha sido fundamental para que hoy podamos estar donde estamos”.

Dr. Diego Paniagua-Avecilla y Dra. Brianna Concepción Gómez-Michaus, febrero del 2026.

Referencias

- Angulo Fernandez, K. J., Herrera Añazco, P., Soto Ordoñez, S., & Bendezu Quispe, G. (2023). Characteristics of theses for physician graduation: a cross-sectional study in Peru [Características de las tesis para titularse de médico: estudio transversal en Perú].
- Aragón-Ayala, C. J., Merma-Valero, J. M., Olivera-Zapana, B., Urday-Ramos, P., Turpo-Jove, K., Morron-Vizarreta, A., & Quispe-Juli, C. U. (2023). Análisis de tesis médicas de pregrado en una universidad de Perú, 2011-2020: publicación en revistas indizadas y factores asociados. *Revista Cubana De Información En Ciencias De La Salud*, 34.
- Buitrago-Garcia D, Salanti G, Low N Studies of prevalence: how a basic epidemiology concept has gained recognition in the COVID-19 pandemic *BMJ Open* 2022;12:e061497. doi: 10.1136/bmjopen-2022-061497
- Farooqui, S., Balvert, V., & Iglesias-Chiesa, C. (2023). The power of numbers: The use of incidence, prevalence, morbidity and mortality rates in global health. *Alanda Health*. <https://alandahealth.com/2023/06/26/the-power-of-numbers-the-use-of-incidence-prevalence-morbidity-and-mortality-rates-in-global-health>

- Galdeano, P. A., Rodríguez, P. G., Rodrigo, M. A., Insunza, N. B., González, E. P., Cáceres, J. R., & Páez, E. O. (2023). Guías para la elaboración de manuscritos y unas pinceladas de lectura crítica. *Anales de Pediatría*, 99(5), 335-349. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2023.09.005>
- García-Fernández, F. P., Soldevilla-Agreda, J. J., & Torra i Bou, J. E. (2024). Atención integral de las heridas crónicas. Elsevier.
- Hernández-Muñoz, A. E., Ugalde-Barrón, S., Ramírez-Mendoza, D.I., Soriano-Pérez, T. Maciel-Caracoza, E. Y., PérezPérez, A., & López-Zapata, V.E. (2024). Tipos de revisiones de la literatura en las investigaciones clínicas: ventajas y utilidades en áreas de investigación y en el campo clínico. *Nthe*, 45(1), 26-34. <https://nthe.mx/detallesrev.php?id=74>
- Hernández-Muñoz, A.E., Cabello-Martínez, D. X., BadilloPescador, M. J., Rodríguez-Arreguín, D., Lugo-Sánchez, M., Martínez-Peña, A., Mercado-García, V. M., HernándezMuñoz, K. M. (2025a). Características, ventajas y limitantes de los diseños de investigación en áreas médicas. *Nthe*, 48, 65-74
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2026). Tema 22. Epidemiología laboral: concepto, ramas de la epidemiología. Medidas de frecuencia de la enfermedad: prevalencia e incidencia. Tipos de estudios epidemiológicos y sus principales características: ensayos de intervención, estudios de prevalencia, estudios ecológicos, series de casos, estudios de casos y controles, estudios de cohorte. Medidas de magnitud del efecto (Parte 1: Conceptos generales de la prevención de riesgos laborales y ámbito jurídico).
- Maier, C., Thatcher, J. B., Grover, V., & Dwivedi, Y. K. (2023). Cross-sectional research: A critical perspective, use cases, and recommendations for IS research. *International Journal Of Information Management*, 70, 102625. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102625>
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de corte transversal. Un diseño de investigación a considerar en ciencias morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146–155. https://intjmorphol.com/wp-content/uploads/2023/02/Art_21_411_2023.pdf
- Pérez-Moneo, B., Olcina, M. J. E., Villar, S. F., Rodríguez, C. B., Rubio, M. V. M., & Arias, M. M. (2025). Metodología para la investigación y publicación científica en pediatría. Principales diseños metodológicos. *Anales de Pediatría*, 103(3), 503933. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2025.503933>
- Ponciano-Rodríguez, M. G., Fernández-Sánchez, C. E., Rojas-Limón, I. E. y Cortés-Meda, A. (2024). Los clásicos de la epidemiología: estudios transversales. *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje*. CUAED/Facultad de Medicina-UNAM. https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/3040/mod_resource/content/1/UAPA-Clasicos-Epidemiologia-Estudios-Transversales/index.html
- Ríos-González, C. M., Frutos-Albospino de Almada, C., Recalde, F., Rojas de Arias, G. A., Aguilar, G., Páez-Acchiardi, G. M., Mancuello-Alum, J. N., Ruotti-Cosp, M., & Recalde, N. D. (2022). Salud pública: Introducción y generalidades. Servilibro.
- Sangrador, C. O., Páez, E. O., Arias, M. M., Encina, F. C., & Montañes, E. C. (2025). Medidas de frecuencia, riesgo e impacto en epidemiología. *Anales de Pediatría*, 103(3), 503877. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2025.503877>

Tabla No.1.
Elementos de la clasificación STROBE.

Sección	ítem	Objetivo	
Título/resumen	1a	Identificar en el título el diseño del estudio	
	1b	Síntesis estructurada e informativo	
Antecedentes/fundamentos	2	Razones y fundamentos de la investigación	
Objetivos	3	Objetivos específicos e hipótesis preespecificada	
Métodos	4	Descripción del diseño de estudio	
	5	Marco, lugar y fechas del estudio	
	6	Criterios de elegibilidad y selección	
	7	Definición de variables de interés	
	8	Fuentes de datos y medición	
	9	Control de sesgos	
	10	Justificación del tamaño de la muestra	
	11	Manejo de variables cuantitativas	
	12	Métodos estadísticos	
	Resultados	13	Descripción de participantes
		14	Datos descriptivos
		15	Resultados principales según diseño
16		Estimaciones y precisión	
17		Análisis adicionales	
Discusión	18	Resultados clave	
	19	limitaciones	
	20	interpretación	
	21	Generalización	
	22	Fuente de financiamiento	



Figura No. 1

Analogía de epidemiología y bañera.

Fuente: creada con Inteligencia por Artificial Oreate AI

Características y elementos de los reportes de caso: revisión narrativa

Natasha Alexandra Burgos-Molina, Delsy Abigail Cerrillos-Rangel, Arlette Michelle Osorio-Contreras, Eric Damian Ramirez-Zavala, Valeria Sánchez-Gaona, Adrián Enrique Hernández-Muñoz, Hilda Edith Noriega-Jiménez

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro

vsanchez07@alumnos.uaq.mx

Resumen

Introducción. El reporte de caso (RC) es un diseño observacional descriptivo que documenta de manera detallada experiencias clínicas individuales, especialmente en situaciones inusuales o poco frecuentes. Aunque ocupa un nivel bajo en la jerarquía de evidencia, constituye una herramienta relevante para la generación de hipótesis y el avance del conocimiento clínico. A pesar de su relevancia, existen altas tasas de rechazo para los RC, por lo que requieren una estructura adecuada y una presentación clara para su aceptación. Considerando lo anterior, el objetivo del presente artículo fue describir las características metodológicas y los elementos teóricos de RC en la investigación médica.

Metodología. Se realizó una revisión narrativa mediante búsquedas en bases de datos electrónicas (PubMed y Google Académico) y consulta de documentos oficiales, utilizando términos relacionados con reportes de caso y guías CARE. Se incluyeron artículos metodológicos, revisiones y documentos normativos.

Resultados. De manera descriptiva, se puede comentar que los RC permiten describir manifestaciones atípicas, eventos adversos y enfermedades poco frecuentes. Su estructura se encuentra estandarizada mediante las guías CARE, que establecen criterios de transparencia, completitud y calidad. Aunque presentan limitaciones como sesgos y baja capacidad de generalización, constituyen el punto inicial para la formulación de hipótesis y futuras investigaciones.

Conclusión. Los RC continúan siendo relevantes en la práctica clínica para la descripción de casos clínicos poco frecuentes, o con un tratamiento o complicación clínica diferente a lo reportado en la literatura. Su adecuada elaboración metodológica incrementa su validez científica y mejora sus posibilidades de publicación, contribuyendo a la generación temprana de evidencia clínica.

Palabras Clave: reportes de caso; Guías CARE; clínico; enfermedad; diseño, estudio.

Abstract

Background. Case reports (CR) is a descriptive observational design that documents individual clinical experiences in detail, especially in unusual or rare situations. Although it occupies a low level in the hierarchy of evidence, it is a relevant tool for generating hypotheses and advancing clinical knowledge. Despite their relevance, there are high rejection rates for the CR, therefore they require a proper structure and clear presentation essential for their acceptance. Considering this, the objective of this article was to describe the methodological characteristics and theoretical elements of CRs in medical research.

Methodology. A narrative review was conducted using searches in electronic databases (PubMed and Google Scholar) and official documents, using terms related to case reports and CARE guidelines. Methodological articles, reviews, and normative documents were included.

Results. Descriptively, CR allows for the description of atypical manifestations, adverse events, and rare diseases. Their structure is standardized by the CARE guidelines, which establish criteria for transparency, completeness, and quality. Although they have limitations such as bias and low generalizability, they constitute the starting point for formulating hypotheses and future research.

Conclusion. Clinical trials remain relevant in clinical practice for describing rare clinical cases, or those with a treatment or clinical complication different from that reported in the literature. Their proper methodological development increases their scientific validity and improves their chances of publication, contributing to the early generation of clinical evidence.

Keywords (MeSH): case report; CARE Guidelines; clinical; disease; study design.

Introducción

“Mi mente —dijo mi amigo Sherlock Holmes— se rebela contra el estancamiento. Dame casos, dame problemas, dame trabajo; ¡Dame el criptograma más abstruso o el análisis más intrincado, y me sentiré en mi ambiente!”

El signo de los Cuatro (1890). Arthur Conan Doyle.

Dentro del marco de las investigaciones médica, el Reporte de Caso (RC) constituye un diseño de estudio observacional descriptivo que documenta de manera detallada la experiencia clínica de un solo paciente, particularmente cuando presenta características inusuales, eventos poco frecuentes o de interés médico (Kandi & Vadakedath, 2023).

Este tipo de publicación organiza la información obtenida de la historia clínica, la evolución del padecimiento y las intervenciones diagnósticas y terapéuticas realizadas, permitiendo describir manifestaciones atípicas, enfermedades poco comunes o efectos adversos no esperados. Suelen representar el primer indicio para la generación de hipótesis, la identificación de nuevos enfoques clínicos y el impulso de futuras investigaciones con mayor nivel de evidencia (Méndez-Álvarez et al., 2019).

Igualmente, los RC tienen una relevancia significativa tanto en la investigación médica como en la práctica clínica, ya que permiten documentar situaciones que difícilmente pueden ser estudiadas mediante otros diseños de investigación. En primer lugar, constituyen el principal medio para describir eventos clínicos poco frecuentes o inusuales, lo que los convierte en una fuente valiosa para la generación de nuevas ideas y el avance del conocimiento médico (Alsawyid & Abdulhaq, 2019)

Asimismo, pueden contribuir a la formulación, confirmación o cuestionamiento de teorías existentes, favoreciendo el desarrollo de futuras investigaciones. En el ámbito clínico, estos diseños

aportan observaciones diagnósticas y terapéuticas novedosas, incluyendo respuestas clínicas inesperadas o previamente no comprendidas, lo que puede influir en la toma de decisiones médicas. También permiten el análisis de escenarios clínicos complejos que no son susceptibles de reproducción experimental por consideraciones éticas, ofreciendo un valor significativo para la enseñanza (Méndez-Álvarez et al., 2019).

En los últimos años, se ha observado un renovado interés por los RC dentro de la literatura científica, particularmente en el contexto de enfermedades emergentes, condiciones raras y respuestas atípicas a nuevas terapias, lo que ha reposicionado a este diseño como un componente relevante en la vigilancia clínica y la generación temprana de evidencia (Gagnier et al., 2021).

En relación con otros diseños de investigación, los RC suelen aportar un nivel de evidencia inferior y obtener un menor número de citaciones, situación que repercute directamente en el factor de impacto de las revistas científicas. Esta condición ha llevado a que muchas publicaciones, en especial aquellas de alto impacto, restrinjan la aceptación de informes y series de casos, haciendo que las políticas editoriales determinen tanto la frecuencia como la modalidad de su publicación (Pineda-Leguízamo et al., 2018)

Adicionalmente, organismos internacionales han enfatizado la necesidad de fortalecer la calidad metodológica y la transparencia en la elaboración de estos estudios, promoviendo el uso de listas de verificación y guías estructuradas que permitan mejorar su reproducibilidad, claridad y utilidad clínica (Equator Network, 2022). En el caso de los diseños de caso, la metodología utilizada se basa en las recomendaciones metodológicas conocidas como las Guías CARE (*CAse REport Guidelines*).

No obstante, a pesar de lo anterior, en la actualidad la publicación de un RC representa un reto considerable, ya que más del 70 % de los manuscritos son rechazados debido a deficiencias

metodológicas. Es por ello que es muy importante considerar los elementos y los criterios narrativos metodológicos para describir los reportes de caso y que puedan ser publicados (Lama, 2023). Considerando lo anterior, el objetivo del presente artículo fue describir las características metodológicas y los elementos más importantes de los RC en la investigación médica.

Metodología

El presente trabajo se desarrolló como una revisión narrativa con enfoque descriptivo-crítico, orientada a analizar los fundamentos teóricos, metodológicos y editoriales de los RC en la investigación médica. Este tipo de revisión permite integrar conceptos históricos, normativos y prácticos, ofreciendo una visión contextualizada del tema sin desvincularse del rigor académico (Hernández-Muñoz et al., 2024; Sukhera, 2024).

Para la elaboración del manuscrito se realizó una búsqueda estructurada en bases de datos electrónicas como PubMed y Google Académico, complementada con la consulta de documentos oficiales y sitios especializados en guías editoriales. Se emplearon palabras clave en español e inglés, entre ellas: “reporte de caso” (“case report”), “Guías CARE” (“CARE Guidelines”), “investigación clínica” (“clinical research”).

Se priorizó la inclusión de literatura publicada sobre el tema, con el fin de garantizar la actualidad de la evidencia presentada, así como documentos clásicos considerados fundamentales para la comprensión de los diseños de RC. Asimismo, se consideraron criterios de pertinencia temática, calidad metodológica y relevancia editorial.

Considerando lo anterior, se incluyeron artículos originales, revisiones, documentos metodológicos y guías internacionales; organizándose la información en ejes temáticos: definición y características del reporte de caso, estructura metodológica según guías

la Declaración de las Guías CARE y aportaciones al campo clínico y limitaciones metodológicas.

Resultados

Características principales de los diseños de caso

El RC es un estudio de carácter observacional que se centra de forma detallada en las eventualidades médicas que atraviesa un paciente, así como en su abordaje. Tiene como finalidad describir enfermedades poco comunes o nuevas, evaluar si la intervención farmacológica o terapéutica fue la más adecuada, proponer hipótesis iniciales y, finalmente, servir como punto de inserción para futuras investigaciones con mayor jerarquía metodológica y la educación médica. No obstante, presenta un alto grado de sesgo, ya que se basa en un número limitado de casos, lo que dificulta la demostración de causalidad (Díaz Ibarra et al., 2023; Riley et al., 2017).

A pesar de estas limitaciones, su valor radica en su capacidad para identificar señales clínicas tempranas, especialmente en contextos donde no existe evidencia previa suficiente, como ocurre en enfermedades raras o en la aparición de efectos adversos poco frecuentes asociados a nuevas intervenciones terapéuticas (Murad et al., 2020).

En cuanto su elaboración, se recomienda el uso de las guías CARE, las cuales establecen la siguiente estructura: título, palabras clave, resumen, introducción, descripción del caso y hallazgos clínicos. Posteriormente, continúa con la cronología de los acontecimientos clínicos, el diagnóstico reportado, así como la intervención realizada -La cual puede ser farmacológico o quirúrgica- y el seguimiento. Finalmente, estas guías continúan con la discusión, conclusión, perspectiva del paciente, al igual que la mención del consentimiento informado utilizado y el código de ética proveído por la institución (Díaz Ibarra et al., 2023; Riley et al., 2017).

Cabe destacar que la actualización más reciente de las guías CARE ha enfatizado la importancia de incluir la perspectiva del paciente, así como el contexto clínico integral, con el fin de humanizar la narrativa científica y mejorar la aplicabilidad clínica de los reportes (Riley et al., 2023).

Características metodológicas y narrativas de los reportes clínicos

En cuanto a la extensión, los RC deben caracterizarse por una redacción clara y concisa, enfocada exclusivamente en la información clínica relevante. Aunque la longitud puede variar según las políticas editoriales de cada revista, la mayoría de las guías actuales coinciden en que este tipo de manuscritos suele mantenerse dentro de un rango aproximado de 1500 a 2500 palabras, excluyendo referencias, con un número limitado de tablas y figuras. Esta extensión permite describir adecuadamente el contexto clínico, la evolución del paciente y los hallazgos relevantes sin perder claridad ni rigor metodológico (Alsawyid & Abdulhaq, 2019).

Elementos de las Guías CARE

Las guías CARE surgen bajo la necesidad de estandarizar la transparencia y completitud de los reportes de caso, con la finalidad de aumentar su valor científico y la utilidad para generar conocimiento clínico comparable y reproducible. Fueron presentadas por primera vez el 10 de septiembre de 2013 en el International Peer Review and Biomedical Publication Congress en Chicago con el fin de estandarizar la manera en que se presentan los casos clínicos en publicaciones científicamente. Posteriormente han sido actualizadas y adaptadas a áreas específicas como SCARE y CARE-Radiology (Alsawyid & Abdulhaq, 2019; Velázquez, Calvache y Delgado-Noguera, 2025).

Como tal, estos puntos se tratan de un conjunto de directrices con la finalidad de mejorar y utilidad de los reportes de casos clínicos al proponer 13 puntos (Tabla No.1) a incluir para asegurar consistencia, claridad y calidad. Su importancia radica en permitir que los reportes sean más que una narrativa y tengan mayor utilidad para generar evidencia científica y apoyando futuras investigaciones y publicaciones con el mismo estándar de calidad (Velázquez, Calvache y Delgado-Noguera, 2025).

Reflexiones finales

Las aportaciones al campo clínico de los reportes de caso

El RC ha permitido exponer las diferentes manifestaciones de una misma enfermedad o complicaciones de su manejo. Es importante destacar que la presentación inusual, la complicación de una patología, así como los efectos secundarios del tratamiento son un aspecto fundamental en la educación médica. Se debe a esta particularidad única para generar conocimiento desde la clínica, que los reportes de caso continúan siendo indispensables al proporcionar un estudio detallado del individuo, y al contribuir a modificar una práctica clínica menos eficiente o con resultados menos favorables (Nissen & Wynn 2014).

Las investigaciones clínicas son estudios científicos orientados a generar conocimiento a partir de la observación y análisis sistemático de fenómenos relacionados con la salud y la enfermedad en las personas, con el propósito de mejorar el diagnóstico y el tratamiento, así como de identificar los factores de riesgo asociados, comprender los mecanismos fisiopatológicos y contribuir a la prevención de los padecimientos (Kandi & Vadakedath, 2023).

A su vez, en la práctica contemporánea, los RC han sido fundamentales para la identificación temprana de nuevas entidades clínicas y la descripción de respuestas terapéuticas innovadoras. Particularmente

en áreas como la oncología, neurología y enfermedades infecciosas emergentes, lo que refuerza su papel como herramienta de vigilancia clínica.

Para finalizar, se recomienda que para mejorar la publicación de los RC, se debe de elaborar un título claro y conciso, describir completamente el historial del paciente y la intervención, así como informar sobre los eventos adversos, analizar la relevancia para el conocimiento médico actual, y seguir las directrices CARE. Como tal, los RC son fáciles de redactar; sin embargo, las razones para el rechazo de un informe de caso pueden incluir un formato inadecuado, una redacción deficiente del manuscrito, o un bajo nivel de evidencia. Para evitar estos problemas, los autores deben seguir las directrices de la revista a la cual lo enviarán, editar sus manuscritos a estas reglas y centrarse en técnicas novedosas (Hernández-Muñoz, 2026; Jeyaraman et al., 2023).

Fortalezas, debilidades y comentarios finales

El presente artículo de revisión presenta como fortalezas la integración conceptual, metodológica y editorial de los RC, abordando su definición, estructura, extensión y aportaciones clínicas desde una perspectiva académica sistematizada. Asimismo, incorpora el análisis de las guías CARE como herramienta de estandarización y calidad, lo cual fortalece la utilidad práctica del manuscrito para investigadores y estudiantes.

Entre sus ventajas destaca la claridad en la exposición de los elementos narrativos y éticos necesarios para la publicación. Sin embargo, al tratarse de una revisión narrativa, puede presentar como limitación la ausencia de una evaluación sistemática cuantitativa de la literatura disponible. No obstante, la presentación y síntesis de la información es de utilidad al comentar los principales fundamentos metodológicos y editoriales de los RC, proporcionando un marco de referencia útil para su adecuada elaboración.

Conclusión

A manera de conclusión, y desde el punto de vista metodológico, los RC constituyen estudios observacionales descriptivos que permiten documentar eventos inusuales, manifestaciones atípicas o efectos adversos no previstos. Aunque ocupan un nivel inferior en la jerarquía de evidencia, su valor radica en la generación de hipótesis y en la identificación temprana de fenómenos clínicos emergentes. En el ámbito educativo y clínico, los reportes de caso continúan siendo una herramienta fundamental para la enseñanza médica, al ofrecer escenarios reales que favorecen el razonamiento clínico y la toma de decisiones.

A su vez, su capacidad para describir situaciones no reproducibles experimentalmente les confiere un valor ético y pedagógico relevante. Finalmente, un reporte de caso clínico o serie de caso, representa un diseño con limitaciones inherentes en términos de causalidad y generalización, pero con una trascendencia significativa en la construcción del conocimiento clínico. Su adecuada elaboración conforme a estándares internacionales incrementa su validez científica y su potencial de publicación.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Dedicatoria

Referencias

- Alsaywid BS, Abdulhaq NM. Guideline on writing a case report. *Urol Ann.* 2019 Apr-Jun;11(2):126-131. doi: 10.4103/UA.UA_177_18. PMID: 31040594; PMCID: PMC6476221.
- Díaz Ibarra, E. A., Abella Pinzón, J. A., & Medina, Y. F. (2023). Metodología: cómo realizar un informe de caso o informe de serie de caso. *Revista Colombiana de Reumatología*, 30(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.rcreu.2021.05.022>
- EQUATOR Network. (2022). Enhancing the quality and transparency of health research. <https://www.equator-network.org/>
- Gagnier, J. J., et al. (2021). The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/care/>
- Hernández-Muñoz, A. E. (2026). *Bases para la elaboración y redacción de artículos en ciencias médicas*. FUNDAp.
- Hernández-Muñoz, A. E., Ugalde-Barrón, S., Ramírez-Mendoza, D.I., Soriano-Pérez, T. Maciel-Caracoza, E. Y., PérezPérez, A., & López-Zapata, V.E. (2024). Tipos de revisiones de la literatura en las investigaciones clínicas: ventajas y utilidades en áreas de investigación y en el campo clínico. *Nthe*, 45(1), 26-34. <https://nthe.mx/detallesrev.php?id=74>
- Jeyaraman, M., Ramasubramanian, S., Jeyaraman, N., Nallakumarasamy, A., y Sharma, S. (2023). Revitalizing case reports: Standardized guidelines and mentorship. *World Journal of Clinical Cases*, 11(19), 4729-4733. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i19.4729>
- Kandi, V., & Vadakedath, S. (2023). Clinical trials and clinical research: A comprehensive review. *Cureus*, 15(2), e35077. <https://doi.org/10.7759/cureus.35077>
- Lama, V. (2023). Case report as a challenge in clinical practice and research. *Medicus*. <https://doi.org/10.58944/twgm3836>
- Méndez-Álvarez, Lupo, Albino-Serpa, Fiorella, & Donado-Gómez, Jorge Hernan do. (2019). Informe de casos. ¿Cómo escribir uno de buena calidad? *Acta Médica Colombiana*, 44 (2), 103-110.
- Murad M.H., Asi N., Alsawas M. & Alahdab F. (2016). New Evidence Pyramid. *BMJ*, 1, 1-3.
- Nissen, T., & Wynn, R. (2014). The clinical case report: A review of its merits and limitations. *BMC Research Notes*, 7(264). <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-264>
- Pineda-Leguizamo, R., Miranda-Novales, G., & Villasis-Keever, M. Á. (2018). La importancia de los reportes de casos clínicos en la investigación. *Revista Alergia México*, 65(1), 92–98. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i1.359>
- Riley, D. S., Barber, M. S., Kienle, G. S., Aronson, J. K., von Schoen-Angerer, T., Tugwell, P., Kiene, H., Helfand, M., Altman, D. G., Sox, H., & CARE Group. (2017). CARE guidelines for case reports: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 89, 218–235. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.04.026>
- Sukhera, J. (2022). Narrative reviews: Flexible, rigorous, and practical. *Journal of Graduate Medical Education*, 14(4), 414- 417. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480>

Tabla No. 1
Componentes fundamentales de un reporte de caso propuestos por las Guías CARE

No.	Elementos	Características
1	Título	<ul style="list-style-type: none"> • Debe incluir el diagnóstico o intervención principal y la frase <i>reporte de caso</i>.
2	Palabras clave	<ul style="list-style-type: none"> • De 2 a 5 términos relevantes; se recomienda incluir <i>reporte de caso</i>.
3	Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • Síntesis estructurada: introducción, hallazgos principales, diagnóstico/intervención y conclusión.
4	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> • Explica la relevancia, rareza o aporte clínico del caso, con apoyo en literatura.
5	Información del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Datos demográficos, antecedentes relevantes y motivo de consulta, manteniendo confidencialidad.
6	Hallazgos clínicos	<ul style="list-style-type: none"> • Signos y resultados del examen físico importantes para el caso.
7	Cronología	<ul style="list-style-type: none"> • Línea de tiempo con los eventos clínicos clave desde el inicio hasta el seguimiento.
8	Evaluación diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos diagnósticos utilizados, razonamiento clínico y diagnósticos diferenciales.
9	Intervención terapéutica	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos aplicados: tipo, dosis, duración y cambios realizados.

10	Seguimiento y resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución clínica, respuesta al tratamiento y desenlace del paciente.
11	Discusión	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación con literatura existente, fortalezas, limitaciones y lecciones del caso.
12	Perspectiva del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Opinión o experiencia del paciente respecto a su enfermedad y tratamiento.
13	Consentimiento informado	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmación de que el paciente autorizó la publicación del caso.

Ensayo sobre los fundamentos teóricos, metodológicos y estadísticos de los diseños de cohorte

Alejandro Hernández-Botello, Elisa Mariana Ramírez-Rangel, Adrián Enrique Hernández-Muñoz, Itzia Ximena López-León, Miguel Ángel Anyodei Zamora-Gasca, Daniel Coellar-Tejeida, Juan José Reséndiz-Martínez, Anahí Daisy Flores-Loredo, Emiliano Camacho-Ramos, Karla Michelle Hernández-Muñoz

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro

elisa14566985@gmail.com

Resumen

Introducción. Los Estudios de Cohorte (EsCoH) son diseños observacionales longitudinales que permiten analizar la relación temporal entre una exposición y la aparición de un desenlace en salud. Su utilidad radica en la estimación de incidencia y medidas de asociación como el riesgo relativo y absoluto, constituyéndose como un pilar de la investigación clínica. Por lo tanto, el objetivo del presente manuscrito fue describir los fundamentos teóricos, metodológicos y estadísticos de los EsCoH en el ámbito de la investigación médica.

Metodología. Se desarrolló un ensayo narrativo mediante búsqueda estructurada en diferentes plataformas, utilizando términos relacionados con estudios de cohorte, incidencia, riesgo relativo y declaración STROBE. Se seleccionaron artículos metodológicos, textos epidemiológicos y documentos normativos.

Resultados. Los EsCoH se clasifican en prospectivos, retrospectivos y ambispectivos, así como en variantes únicas, múltiples, abiertas, cerradas y fijas. Permiten calcular incidencia, riesgo relativo y riesgo absoluto, medidas fundamentales para evaluar asociaciones causales. Igualmente, la estructura metodológica de estos diseños debe apegarse a la declaración STROBE para fortalecer la calidad metodológica.

Conclusión. Estos diseños metodológicos representan un diseño esencial en medicina basada en evidencia al establecer secuencia temporal entre exposición y desenlace. Aunque presentan limitaciones como costos elevados y pérdidas de seguimiento, su adecuada planificación metodológica los convierte en una herramienta robusta para la investigación clínica y la formación académica.

Palabras Clave (DeCS): cohorte; incidencia; riesgo; investigación, diseño de, medicina basada en evidencia.

Abstract

Background. Cohort studies (CS) are longitudinal observational designs that allow the analysis of the temporal relationship between an exposure and the occurrence of a health outcome. Their usefulness lies in the estimation of incidence and measures of association such as relative and absolute risk, making them a cornerstone of clinical research. Therefore, the objective of this manuscript was to describe the theoretical, methodological, and statistical foundations of CS in the field of medical research.

Methodology. A narrative essay was developed using a structured search on different platforms, employing terms related to cohort studies, incidence, relative risk, and the STROBE declaration. Methodological articles, epidemiological texts, and normative documents were selected.

Results. CS are classified as prospective, retrospective, and ambispective, as well as into single, multiple, open, closed, and fixed variants. They allow for the calculation of incidence, relative risk, and absolute risk, fundamental measures for evaluating causal associations. Likewise, the methodological structure of these designs should adhere to the STROBE statement to strengthen methodological quality.

Conclusion. These methodological designs represent an essential design in evidence-based medicine by establishing a temporal sequence between exposure and outcome. Although they have limitations such as high costs and loss to follow-up, their proper methodological planning makes them a robust tool for clinical research and academic training.

Keywords: cohort; incidence; risk; research design; evidence-based medicine.

Introducción

"La formulación de un problema, es más importante que su solución"

Albert Einstein (1879-1955).

Gracias al aporte de las investigaciones médicas, se ha mejorado ampliamente el campo de la medicina clínica, así como las diferentes alternativas preventivas y terapéuticas para los padecimientos existentes en la sociedad. Los resultados de proyectos clínicos han permitido resolver preguntas clínicas y atender padecimientos tanto agudos como crónicos degenerativos, generando nuevas pruebas diagnósticas que tienen este tipo de enfermedades, así como procesos terapéuticos, quirúrgicos y preventivos que evitan los padecimientos en primer lugar (Bhuiya & Makaryus, 2023).

Para poder atender las diferentes problemáticas actuales en el área de la salud, las investigaciones médicas utilizan diseños de investigación, los cuales permiten cumplir diferentes objetivos de acuerdo con características metodológicas propias. Cuando se parte desde un evento y se trata de determinar los riesgos para que se presente esta enfermedad, se pueden utilizar diseños prospectivos que siguen a la población durante un tiempo determinado y permiten la identificación tanto de riesgos como incidencias (Celentano et al., 2025).

Estos diseños que permiten la identificación de los riesgos para que se desarrollen padecimientos, así como determinan el número de casos nuevos que pueden llegar a desarrollarse, se conocen como Estudios de Cohorte (EsCoH). A diferencia de otros estudios, donde por su naturaleza transversal o retrospectiva sólo se identifican tanto las prevalencias como las causas, estos permiten al estudiar de manera longitudinal a la población de presente a futuro el identificar y determinar -Desde la exposición- la presencia o ausencia de un evento en salud, así como la aparición del riesgo de (Salazar et al., 2019).

Tomando en cuenta lo anterior, los EsCOH permiten identificar si la exposición a una situación, ya sea clínica, social o de naturaleza médica permiten que un

grupo poblacional denominado como "cohorte" desarrolle un evento de interés, el cual se compara contra otro grupo control no expuesto. Esta asignación de la exposición es aleatoria y no la determina el investigador, a su vez este diseño presenta utilidades principales como es el seguimiento prospectivo de una población a lo largo del tiempo, permitiendo identificar la asociación causa-efecto de la exposición, como lo hacen otros estudios como los Casos y Controles, así como los Transversales Analíticos. No obstante, una de las principales desventajas no solo es la presencia de sesgos de selección, sino también el alto costo que puede desarrollarse por este mismo seguimiento poblacional (Benjumea Salgado, 2020).

Considerando lo anterior, es muy importante valorar las características principales de este tipo de diseños para así poder ver la utilidad que pueden tener en el campo de la investigación clínico médica, sobre todo considerando las aportaciones que fueron previamente mencionadas y que permitirán el desarrollo de identificación de causas para nuevas enfermedades, lo cual se logra a través del conocimiento de fórmulas como riesgo atribuible y relativo. Por lo tanto, el objetivo del presente manuscrito será mencionar los conceptos teóricos, metodológicos y estadístico de los EsCoH.

Metodología

El presente manuscrito se elaboró bajo la metodología de los ensayos narrativos, caracterizados por la exposición sistemática de un tema específico; permitiendo integrar conceptos epidemiológicos, fundamentos estadísticos y aplicaciones clínicas de los EsCoH. Lográndose esto último sin perder la coherencia argumentativa y rigor académico del texto, a pesar de que no se construyó una revisión sistemática (Gay, 2018).

Para la construcción del artículo se realizó una búsqueda estructurada en plataformas electrónicas como Google, Google Académico y PubMed. Se emplearon palabras clave en español e inglés tales como: "estudios de cohorte" ("*cohort studies*"),

“riesgo relativo” (“*risk ratio*”), “incidencia” (“*incidence*”) y “Declaración STROBE” (“*STROBE statement*”). Se seleccionaron artículos originales, revisiones metodológicas, textos epidemiológicos clásicos y documentos normativos relacionados con el diseño de cohorte.

La información obtenida fue organizada en ejes temáticos: fundamentos conceptuales, clasificación metodológica, variantes estructurales, análisis estadísticos (incidencia, riesgo relativo y absoluto), aplicación clínica y utilidad en áreas de Medicina Basada en Evidencia. Finalmente, tomando en cuenta la estructura de los ensayos narrativos, se realizó una integración crítica orientada a resaltar la relevancia formativa en una breve conclusión, la cual actúa como cierre del presente documento (Gay, 2018).

Resultados

Descripción de los aspectos teóricos de los diseños

Los EsCoH son investigaciones observacionales en las que se sigue a un grupo de personas con una característica en común a lo largo del tiempo para evaluar ciertos desenlaces (Wang & Kattan, 2020). Son diseños de investigación observacionales, de tipo longitudinal y con enfoque analítico, en los que se selecciona un grupo de individuos que comparten una característica específica previamente definida y se les da seguimiento durante un periodo determinado. Este seguimiento permite observar la aparición de uno o varios desenlaces y analizar cómo diferentes factores influyen en su desarrollo a lo largo del tiempo, dependiendo su duración de acuerdo con el periodo de incubación y latencia del evento de salud que se estará estudiando (Salazar et al., 2019).

Igualmente, este tipo de estudios resulta especialmente útil para comprender la patogénesis de las enfermedades, ya que facilita el análisis de la interacción dinámica entre múltiples factores de riesgo y su impacto en la etiología, la historia natural y la evolución clínica de un evento de interés. Además, pueden emplearse tanto con fines descriptivos como para contrastar hipótesis, aportando evidencia relevante en el ámbito de las

ciencias de la salud. En ciertos contextos, también representan una alternativa metodológica a otros diseños como los estudios de casos y controles o los ensayos clínicos, ya sea para explorar asociaciones o para evaluar intervenciones desde una perspectiva observacional (Salazar et al., 2019).

Clasificación de los Cohortes de acuerdo con su metodología

Los EsCoH se clasifican en base a su temporalidad entre el comienzo del estudio y la ocurrencia del evento de interés (Figura No. 1). Se han clasificado en: prospectivos (o concurrentes), retrospectivos (o históricos) y ambispectivos (Benjumea Salgado, 2020). Cuando estos diseños son de tipo prospectivos (concurrentes) pueden llegar a ser utilizados para encontrar respuesta a un cuestionamiento único frente a un evento de interés, para ello la recolecta de datos antecede a la exposición de un posible factor de riesgo. El investigador parte de la formación de grupos de sujetos expuestos y no expuestos, en los que se documentará su trayectoria a lo largo del tiempo para comprender la relación asociativa-causal del factor de riesgo y su posible efecto (Setia, 2022).

Por otro lado, cuando son de naturaleza retrospectiva (histórica), se analizan datos obtenidos en el pasado acerca de la exposición a un factor de riesgo y sus resultados. Enfocándose en la reconstrucción de los hechos a partir de los registros disponibles, para establecer la relación entre exposición y sus efectos (Alva-Arroyo, 2020). Mientras tanto, los ambispectivos comprenden cuando la exposición de interés antecede a la recopilación de datos, por lo que se realiza de forma retrospectiva, mientras que el seguimiento y los resultados se evalúan de manera prospectiva (Benjumea Salgado, 2020).

Subvariantes metodológicas de los diseños

Ahondando en la clasificación de los estudios de cohorte, se han propuesto distintas modificaciones y variantes respecto a las anteriores, en las que se mencionan: estudios de cohorte únicas, múltiples, cerradas, abiertas y fijas. Los EsCoH de metodología “única” se caracterizan por utilizar una única cohorte

a diferencia de los diseños tradicionales en las que existen dos grupos de estudio (expuestos y no expuestos); por lo tanto, se analiza un grupo de sujetos que en el pasado fueron sometidos a una exposición de interés y se compara la incidencia o la anterioridad y posterioridad del evento (García-M et al., 2020).

El diseño de “cohortes múltiples” utiliza varias cohortes de sujetos sanos para clasificarlos en distintos grupos en base a la magnitud de exposición a un factor de riesgo; permitiendo determinar la asociación entre el nivel de una exposición y las tasas de incidencia. Este tipo de variante metodológica es una de los modelos predilectos para el análisis de relación dosis-respuesta (Argimón-Pallás y Jiménez-Villa, 2019).

Consecutivamente, el diseño de “cohortes cerradas” implica que la composición inicial del estudio selecciona el total de sujetos con los que se efectuará el estudio sin posibilidad a la inclusión en etapas posteriores. La ventaja de este procedimiento es que resulta en un escaso porcentaje de pérdidas durante el periodo de seguimiento (Argimón-Pallás y Jiménez-Villa, 2019; García-M. et al., 2020). En caso contrario, el diseño de “cohortes abiertas”, permiten la incorporación o retiro de población a lo largo del desarrollo del estudio. Ocurre principalmente debido a las fluctuaciones de la población en cuanto al cumplimiento o incumplimiento de los criterios de selección (García-M. et al., 2020).

Finalmente, el diseño de “cohorte fijas”, se integran a partir de características inalterables de los sujetos que son definidas por la exposición a un evento único. Por lo tanto, este diseño no permite la fluctuación de la población a lo largo del desarrollo del estudio debido a que la exposición al factor de riesgo no cambia a lo largo del tiempo, permaneciendo constante (Argimón-Pallás y Jiménez-Villa, 2019).

Análisis aplicados en los diseños metodológicos de cohorte

Tanto los EsCOH, como diseños observacionales como los Casos y Controles y Transversales, toman

en cuenta la Declaración STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*) como una guía metodológica para mejorar la integridad y calidad de sus reportes. La Declaración STROBE proporciona una lista de verificación de 22 ítems que cubre secciones clave de un artículo científico como: título, métodos, resultados y discusión; incluyendo a su vez elementos específicos para el reporte de EsCoH tales como criterios de inclusión, definición de exposiciones, y descripción de pérdidas de seguimiento. El objetivo de STROBE es asegurar la validez interna de los estudios y la generalización de sus resultados, especificando que en ellos EsCoH la relación de casos entre ambas cohorte -Una expuesta y la otra no expuesta- debe de ser 1:1 o caso similar, y que no debe de haber pérdidas de más del 20% a lo largo del seguimiento (Cuschieri, 2019).

Igualmente, sus análisis implican la determinación de porcentaje de incidencias, así como cálculos de riesgos relativos y absolutos. En el caso de las tasas de incidencia, estas se definen como el número de casos nuevos de una enfermedad, dentro de una población en riesgo y durante un período de tiempo específico. Para su cálculo se requieren TRES elementos: casos nuevos, población y el periodo de tiempo. La fórmula consiste en que los casos nuevos deben dividirse por el producto de la población total a lo largo de un período de tiempo específica. Es decir, a diferencia de la prevalencia, que estima el número total de casos en una población y temporalidad determinados, la incidencia es una herramienta que mide el riesgo de que ocurra un evento en una población durante un período específico de tiempo (Tenny & Boktor, 2023).

El riesgo relativo se define como la probabilidad de que un evento ocurra en un grupo expuesto o de interés, en relación con la probabilidad de que dicho evento ocurra en un grupo de referencia o de control (Andrade, 2025). En caso de que la relación sea igual a 1, esto indica que ambos grupos tienen el mismo riesgo de que ocurra un determinado evento, es decir que no hay ninguna asociación. Por otro lado, si el riesgo relativo es mayor a 1, quiere decir que sí hay una mayor asociación y, por lo tanto, la exposición

representa un factor de riesgo. Sin embargo, si en caso contrario el valor de riesgo relativo es menor a 1, significa que hay una menor asociación y, consecuentemente, se considera un factor protector (Tenny & Hoffman, 2023).

Otro análisis utilizado, en este caso en forma de sustracción y conocido como riesgo absoluto, se define como la probabilidad concreta de que un evento de interés ocurra en personas expuestas o no expuestas durante un seguimiento determinado. Su cálculo se realiza dividiendo el número de casos incidentes registrados entre el total de individuos que conforman cada grupo analizado dentro del periodo de observación establecido. A partir de esta medida puede estimarse la diferencia de riesgo absoluto, la cual expresa cuánta mayor probabilidad de enfermar presentan los expuestos frente a los no expuestos, permitiendo dimensionar el impacto real poblacional (D'Arrigo et al., 2023).

Aplicación clínica de cohortes

Los EsCoH son un pilar de la medicina basada en la evidencia debido a su capacidad para establecer una secuencia temporal lógica entre la exposición y el desenlace clínico. En la práctica clínica, su utilidad es vasta: permiten el cálculo del Riesgo Relativo por medio de tablas 2X2. La métrica de este tipo de análisis es vital para predecir la evolución de una patología, actuar como herramienta pronóstica y fundamentar la creación de escalas de riesgo validadas (Celentano et al., 2025).

Al ser de naturaleza observacional, proporcionan al clínico una base científica robusta para la toma de decisiones compartida, permitiendo explicar al paciente la probabilidad de ocurrencia de un evento basada en una visión integral de factores interrelacionados. Respecto a su ejecución, la distinción entre diseños es crítica para la validez interna. En el diseño de “cohortes retrospectivas”, la población se identifica tras la ocurrencia del evento, dependiendo estrictamente de registros históricos. Esto introduce limitaciones en la calidad de la evidencia, principalmente debido al sesgo de

selección y a la potencial falta de estandarización en la toma de datos original (Argimón-Pallás y Jiménez-Villa, 2019; Celentano et al., 2025).

Por el contrario, en el diseño prospectivo, los investigadores pueden estandarizar la recolección de datos para responder con precisión a la pregunta de investigación. Aunque este último minimiza los sesgos y permite un seguimiento longitudinal riguroso, su principal barrera para la publicación suele ser el alto costo y los prolongados intervalos de tiempo requeridos para alcanzar resultados estadísticamente significativos (Celentano et al., 2025).

Reflexión final

Aplicación teórica y práctica de las cohortes en tesis de residentes o estudiantes de posgrado

Desde una perspectiva teórica, los EsCoH permiten establecer relaciones de causalidad entre variables y tiempo, siendo un modelo metodológico pertinente para el análisis de asociaciones en ciencias de la salud. Su aplicación más rápida y de bajo costo, en el contexto de residentes y estudiantes de posgrado que se encuentran realizando su tesis, es a través de un diseño retrospectivo, siempre que la información sea de alta calidad y confiable (Mann, 2003); o bien mediante un diseño prospectivo con un periodo de seguimiento corto, dependiendo de la frecuencia del evento estudiado (Lazcano-Ponce et al., 2000).

En la práctica, la formación médica de posgrado presenta dificultades derivadas del desequilibrio en la prioridad entre el servicio asistencial y el aprendizaje (Midik et al., 2025). En este contexto, el estudio de cohorte puede operacionalizarse mediante un seguimiento pasivo, basado en el uso de registros hospitalarios y expedientes clínicos (Lazcano-Ponce et al., 2000). Como ejemplo, Donnay et al. (2012) publicaron un estudio retrospectivo de una cohorte de cáncer de tiroides del Hospital Universitario de la Fundación Alcorcón, Madrid, España, el cual sirvió para la identificación de factores pronósticos de muerte, recidiva y persistencia de la enfermedad.

Fortalezas, debilidades y propuestas

El presente artículo ofrece una revisión narrativa y conceptual de los diseños de estudio de cohorte, describiendo su clasificación, características y los elementos epidemiológicos que lo conforman, además de ejemplificar su aplicación de teórica y práctica. No obstante, una de las limitaciones del trabajo radica en la naturaleza no sistemática ni sistémica del tipo de revisión, ya que no se profundiza en la comparación o desarrollo de estudios de cohorte en contextos clínicos específicos.

A pesar de las limitaciones señaladas, el artículo se distingue por su carácter integrador y formativo, al sintetizar los fundamentos teóricos y metodológicos contribuye a la comprensión conceptual de este diseño epidemiológico y ofrece un marco de referencia útil para la formación académica en ciencias de la salud.

Conclusión

Los diseños metodológicos de cohorte representan un pilar en la investigación metodológica y epidemiológica, basada en la medicina basada en evidencias. Permite determinar la causa desencadenante y el desenlace dentro de un período de tiempo deseado, pudiendo determinar, como ya mencionamos, la incidencia, el riesgo relativo y absoluto, fundamentales para el desarrollo de técnicas diagnósticas, así como terapéuticas.

Los distintos tipos de EsCoH demuestran su versatilidad en la investigación, siendo posible adaptarlo a contextos clínicos, académicos y de investigación. Sin embargo, implica limitaciones importantes en cuanto a los costos, el seguimiento y los sesgos. Por otro lado, una adecuada planificación y el cumplimiento de los criterios de la declaración de STROBE fortalecen su validez.

Clínicamente, contribuyen a la comprensión de la historia natural de la enfermedad, sus factores de

riesgo y el probable pronóstico esperado; siendo también una herramienta útil en el desarrollo de competencias en la epidemiología. En resumen y ya a manera de cierre, este tipo de estudios no solo permiten cuantificar la gravedad de la exposición en la salud, sino que mejoran el razonamiento clínico y la producción de información científica, lo que hace que se establezca como un pilar en la investigación y en la medicina basada en evidencias.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Referencias

- Argimón Pallas, J. y Jimenez Villa, J. (2019). *Metodos de investigación clínica y epidemiológica*. Barcelona, España: Elsevier.
- Alva-Arroyo, N. E. (2020). Estudios de cohortes. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 13(3), 332-337. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.133.751>
- Andrade, C., MD. (2025). Understanding Misunderstandings About the Relative Risk and Odds Ratio. *Psychiatrist.com*. <https://www.psychiatrist.com/jcp/understanding-relative-risk-and-odds-ratio/>
- Benjumea Salgado, Á. M. (2020). Estudios de cohorte: Sus tipos y usos. *Revista Electrónica de Biomedicina*, (1), 27–43. ISSN: 1697-090X. <https://biomed.uninet.edu/2020/n1/benjumea.html>
- Bhuiya, T., & Makaryus, A. N. (2023). The importance of engaging in scientific research during medical training. *The International Journal of Angiology: Official Publication of the International College of Angiology, Inc*, 32(3), 153–157. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1759542>
- Celentano, D. D., Szklo, M., & Farag, Y. M. K. (2025). *Gordis Epidemiología*.
- Cuschieri S. (2019). The STROBE guidelines. *Saudi journal of anaesthesia*, 13(Suppl 1), S31–S34. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_543_18
- D'Arrigo, G., Gori, M., Pitino, A., Tsalikakis, D. G., Liakopoulos, V., Roumeliotis, S., & Tripepi, G. (2023). Measures of frequency and effect in clinical research. *International urology and nephrology*, 55(12), 3147–3152. <https://doi.org/10.1007/s11255-023-03626-w>

- Donnay Candil, S., Gorgojo Martínez, J. J., Requejo Salinas, H., López Hernández, E., Almodóvar Ruiz, F., Mitjavila Casanovas, M., & Pinedo Moraleda, F. (2013). Estudio de cohorte retrospectivo de pacientes diagnosticados de cáncer de tiroides del área suroeste de Madrid. Factores pronósticos en el cáncer diferenciado de tiroides. *Endocrinología y nutrición: órgano de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición*, 60(2), 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2012.06.004>
- García-M., Nayely, Manterola-D., Carlos, Guerrero-Q., Emmanuel, & Navarrete-F., Orieta. (2020). Estudios de cohortes especiales. *Revista de cirugía*, 72(2), 171-178. <https://dx.doi.org/10.35687/s2452-45492020002690>
- Gay, A. (2018). El ensayo: fundamentos y ejercicios. México, México: FUNDAp.
- Lazcano-Ponce, E., Fernández, E., Salazar-Martínez, E., & Hernández-Avila, M. (2000). Estudios de cohorte. Metodología, sesgos y aplicación. *Salud pública de México*, 42(3), 230–241. <https://doi.org/10.1590/s0036-3634200000300010>
- Mann, C. J. (2003). Observational research methods. Research design II: cohort, cross sectional, and case-control studies. *Emergency Medicine Journal*, 20(1), 54–60. <https://doi.org/10.1136/emj.20.1.54>
- Midik, O., Demiroren, M., & Baykan, Z. (2025). Difficulties faced by residents and clues to solutions: A qualitative study from the medical teachers' perspective. *Inquiry: A Journal of Medical Care Organization, Provision and Financing*, 62(00469580251406010), 469580251406010. <https://doi.org/10.1177/00469580251406010>
- Salazar F., P., Manterola, C., Quiroz S., G., García M., N., Otzen H., T., Mora V., M., & Duque P., G. (2019). Estudios de cohortes. 1a parte. Descripción, metodología y aplicaciones. *Revista de Cirugía*, 71(5). <https://doi.org/10.35687/s2452-45492019005431>
- Setia, M. S. (2022). Methodology series module 1: Cohort studies. *AJN, American Journal of Nursing*, 122(1), 43-46. <https://doi.org/10.1097/01.naj.0000803196.49507.08>
- Tenny, S., & Boktor, S. W. (2023, 10 abril). *Incidence*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430746/>
- Tenny, S., & Hoffman, M. R. (2023, 27 marzo). *Relative risk*. StatPearls - NCBI Bookshelf. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430824/>
- Wang, X., & Kattan, M. W. (2020). Cohort studies: Design, analysis, and reporting. *Chest*, 158(1S), S72–S78. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.01>

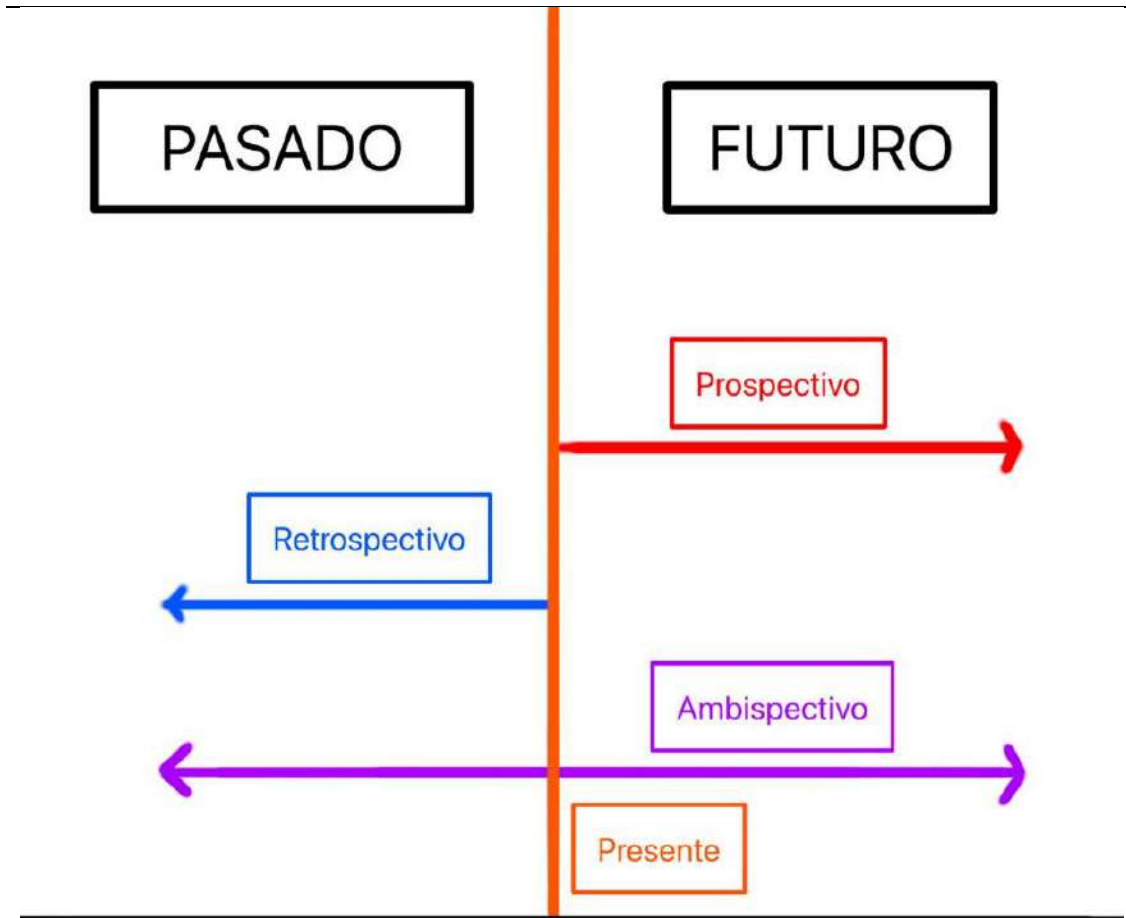


Figura No. 1

Ejemplificación de las características temporales de las variantes de los diseños de cohorte

Fuente: elaboración propia.

Más allá del cerebro: TRH como modulador hepático

M.S.C. David Salvador Díaz Ortégón^{1,2}Dr. C. Santiago M. Pech-Pool²
Dra. C. Aurea Orozco Rivas^{2,3}, Dra. C. M. Carlota García Gutiérrez^{1*}
Dr. C. Iván Lazcano Sánchez^{2*}

¹Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Campus Aeropuerto, Querétaro, México.

²Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Juriquilla, Querétaro, México.

³Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), Unidad Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Querétaro, México.

Correo electrónico de los autores:

David Salvador Díaz Ortégón: davidortegon03@gmail.com

Santiago M. Pech-Pool: agronomiapech@hotmail.com

Aurea Orozco Rivas: aureao@unam.mx

Carlota García Gutiérrez*: maria.carlota.garcia@uaq.edu.mx

Iván Lazcano Sánchez*: lazcanoivan7@gmail.com

*Autores de correspondencia.

Resumen

La hormona liberadora de tirotrópina (TRH) es un neuropéptido clave del sistema nervioso central (SNC), responsable de activar el eje hipotálamo-pituitaria-tiroides (HPT). No obstante, su expresión en tejidos periféricos como el hígado, el páncreas y el músculo sugiere funciones extraneuronales relacionadas con el metabolismo energético. En este estudio se evaluó la participación de la TRH y de su enzima degradadora (TRH-DE) en los tejidos de hígado y músculo del pez cebra adulto (*Danio rerio*), así como su posible relación con la regulación de los receptores de la insulina (*ins-ra* e *ins-rb*) bajo condiciones de hiperglicemia. La expresión de *trh*, *trh-de* e *ins-r* (isoformas a y b) se determinó mediante PCR convencional en condiciones basales y por RT-qPCR tras el tratamiento con TRH exógena. La hiperglicemia se indujo mediante exposición a glucosa al 2% durante tres días consecutivos, seguida de la administración intraperitoneal de TRH (1 µg/g).

Los resultados mostraron expresión diferencial de *trh* y *trh-de* en el músculo y en el hígado. Bajo condiciones hiperglicémicas, *trh-de* presentó disminución significativa en ambos tejidos, efecto que fue revertido por el tratamiento con la TRH únicamente en el hígado. En contraste, las isoformas *ins-ra* e *ins-rb* redujeron su expresión en ambos tejidos durante la hiperglicemia sin modificación por la TRH. Estos hallazgos sugieren que la TRH podría desempeñar un papel modulador periférico del metabolismo energético a través de mecanismos de autorregulación mediados por su enzima degradadora, destacando al hígado como un posible órgano sensor de su actividad.

Palabras clave: TRH, TRH-DE, INS-R, hiperglicemia, pez cebra.

Abstract

Thyrotropin-releasing hormone (TRH) is a key neuropeptide of the central nervous system (CNS) responsible for activating the hypothalamic–pituitary–thyroid (HPT) axis. However, its expression in peripheral tissues such as liver, pancreas, and muscle suggests extraneuronal functions related to energy metabolism. In this study we evaluated the participation of TRH and its degrading enzyme (TRH-DE) in the liver and muscle of adult zebrafish (*Danio rerio*), as well as their possible relationship with the regulation of insulin receptors (*insr-a* and *insr-b*) under hyperglycemic conditions. The expression of *trh*, *trh-de*, and *insr* (isoforms *a* and *b*) was determined by conventional PCR under basal conditions and by RT-qPCR after exogenous TRH treatment. Hyperglycemia was induced by exposure to 2% glucose for three consecutive days, followed by intraperitoneal administration of TRH (1 µg/g).

The results showed differential expression of *trh* and *trh-de* in muscle and liver. Under hyperglycemic conditions, *trh-de* expression significantly decreased in both tissue, an effect that was reversed by TRH treatment only in the liver. In contrast, the *insr-ra* and *insr-rb* isoforms showed reduced expression in both tissues during hyperglycemia, without changes following TRH administration. These findings suggest that TRH could play a peripheral modulatory role in energy metabolism through self-regulatory mechanisms mediated by its degrading enzyme, highlighting the liver as a potential sensor organ of TRH activity.

Keywords: TRH, TRH-DE, INS-R, hyperglycemia, zebrafish.

Introducción

Durante décadas, la hormona liberadora de tirotropina (TRH) ha sido estudiada como un neuropéptido clave del sistema nervioso central (SNC), responsable de activar el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides (HPT) y con ello, regular procesos esenciales como el metabolismo energético, la termogénesis y el crecimiento (Vargas et al., 2024). Sin embargo, en los últimos años, diversos estudios han revelado un panorama más amplio sobre esta hormona, evidenciando su presencia y posibles funciones en tejidos periféricos del organismo (Trubacova et al., 2022).

Además de su conocida expresión en el cerebro, la TRH se ha identificado en tejidos periféricos como el páncreas, el músculo esquelético, la piel, el tracto gastrointestinal e incluso el corazón, tanto en modelos animales como en humanos (Štrbák, 2018; The Human Protein Atlas, 2026). Estos hallazgos sugieren que la TRH podría desempeñar un papel más allá de su función neuroendocrina clásica, actuando localmente en órganos periféricos con fines posiblemente regulatorios, los cuales aún no se comprenden del todo. No obstante, dilucidar su función fuera del SNC ha representado un desafío importante, debido principalmente a la vida media corta de la hormona (< 5 min en plasma humano) y a la dificultad técnica para cuantificarla en circulación o evaluar su cinética biológica en tejidos (Álvarez-Salas et al., 2022).

Esta limitación se debe, en gran medida, a la acción de su enzima degradadora, conocida como TRH-DE (ectoenzima degradadora de la TRH), una metaloproteínasa tipo M1 dependiente de zinc, anclada a la membrana celular con su sitio catalítico orientado hacia el espacio extracelular (Lazcano et al., 2021). Esta enzima presenta una elevada afinidad por la TRH y se considera el principal mecanismo que controla su biodisponibilidad (Pascual Alonso et al., 2023). Aunque se localiza predominantemente en los β-tanicitos de la eminencia media, en humanos se ha descrito una isoforma denominada tiroliberinasa, expresada en el hígado, cuya actividad se ha propuesto como un mecanismo regulador de los niveles sistémicos de la TRH (Charli et al., 2020),

aunque su papel fisiológico aún no ha sido completamente demostrado.

Retomando el papel funcional de la TRH fuera del SNC, uno de sus roles periféricos más relevantes es su participación en la regulación del metabolismo glucémico, ya sea mediante la modulación de la secreción o acción de la insulina (Luo et al., 2014), o a través de mecanismos indirectos como el aumento de la contractilidad cardíaca (Garay Guerrero et al., 2023). La insulina, por su parte, constituye la hormona central en la homeostasis de la glucosa (Koh et al., 2022). Actúa principalmente en hígado y músculo esquelético a través de sus receptores específicos (receptores de insulina, INS-R), activando su vía canónica PI3K/AKT para favorecer la captación y el almacenamiento de glucosa en las células (Bizzotto et al., 2021).

El pez cebra (*Danio rerio*) se ha consolidado como un modelo experimental idóneo para estudiar tanto la fisiología de la TRH como sus posibles implicaciones metabólicas (Lazcano et al., 2023). En este trabajo, exploramos la participación de la TRH y de su enzima degradadora (TRH-DE) en tejidos periféricos de relevancia metabólica, particularmente el hígado y el músculo, así como su posible influencia sobre la expresión de los receptores de insulina, utilizando un modelo de hiperglicemia en el pez cebra adulto en el que previamente demostramos el efecto hipoglucemiante del tratamiento con la TRH (Díaz Ortigón et al., 2025).

Metodología

Pez cebra (*Danio rerio*)

Se emplearon peces cebra (*Danio rerio*) machos en etapa adulta, obtenidos de un acuario convencional y mantenidos bajo condiciones controladas de laboratorio. Los ejemplares fueron alojados en un sistema de recirculación con un fotoperiodo de 10 h luz: 14 h oscuridad, temperatura constante de 28 °C y pH entre 7.4 y 7.8. Los peces fueron alimentados dos veces al día con artemia viva y hojuelas comerciales (42% proteína, 5% grasa, 6% fibra, 11% cenizas y 8% humedad).

Para los procedimientos de anestesia y eutanasia, se utilizó el método de choque hipotérmico mediante inmersión en agua a 12 °C y 4 °C, respectivamente. Posteriormente, se recolectaron tejidos de cerebro, hígado y músculo en condiciones basales (sin tratamiento). Las muestras fueron preservadas en Trizol Reagent (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, USA) y almacenadas a -20 °C hasta su procesamiento molecular.

Este estudio fue aprobado por los Comités de Bioética del Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México (INB-UNAM; protocolo #152.A), y de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ; protocolo #13830).

Inducción de hiperglicemia y tratamiento con TRH

El modelo de hiperglicemia se estableció siguiendo el protocolo descrito por Capiotti et al. (2014), con una ligera modificación basada en un estudio previo del grupo (Díaz Ortigón et al., 2025). Los peces fueron expuestos diariamente a una solución de glucosa al 2% (111 mM; PiSA Farmacéutica, Guadalajara, México) durante tres días consecutivos. El tratamiento con TRH (Bachem, Cat. No. 4038214, Bubendorf, Suiza) se administró por vía intraperitoneal (*ip*) a una dosis de 1 µg/g de peso corporal, utilizando solución salina estéril al 0.9% como vehículo (Kinkel et al., 2010). Se emplearon 45 peces cebras adultos machos, distribuidos aleatoriamente en tres grupos experimentales (n = 15 por grupo): Control + vehículo, Glucosa + vehículo y Glucosa + TRH. Al finalizar el protocolo experimental, se disecaron los hígados y músculos completos de cada animal; los tejidos fueron preservados en TRIzol y almacenados a -20 °C hasta su procesamiento para el análisis de expresión génica. Para estos estudios, se incluyeron cinco réplicas biológicas independientes por grupo (n = 5), correspondientes a tejidos completos obtenidos de individuos distintos.

Aislamiento de ARN y síntesis de ADNc

El ARN total se aisló a partir de los tejidos extraídos y suspendidos en Trizol, siguiendo las recomendaciones del fabricante. La pureza y concentración del ARN se determinaron mediante espectrofotometría (NanoDrop Lite Plus, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA), mientras que su integridad se verificó por electroforesis en gel de agarosa al 2%.

A partir de 1 µg de ARN total se sintetizó ADNc utilizando el kit RevertAid First Strand cDNA Synthesis (Thermo Fisher Scientific, Cat. No. K1641, Vilnius, Lituania), conforme a las instrucciones del fabricante.

PCR convencional

La amplificación de genes se realizó mediante PCR punto final para detectar la presencia de *trh*, *trh-de* y las isoformas del receptor de insulina (*ins-ra* y *ins-rb*) en hígado y músculo. Las condiciones del termociclador fueron las siguientes: desnaturalización inicial a 95 °C por 3 min, seguida de 35 ciclos de desnaturalización a 95 °C por 30 s, alineamiento a 60 °C por 30 s y extensión a 72 °C por 30 s, con una extensión final a 72 °C por 5 min.

Los productos amplificados se visualizaron en geles de agarosa al 2%. La intensidad relativa de las bandas se analizó de forma semicuantitativa a partir de su densidad óptica mediante el software Fiji/ImageJ. El gen de *β-actina* se empleó como control constitutivo, y el tejido de cerebro se utilizó como referencia para la normalización de los datos, expresados como porcentaje relativo.

Los primers específicos utilizados se listan en la **Tabla 1**, y su especificidad se confirmó por curvas de eficiencia y secuenciación de los amplicones.

PCR cuantitativa (RT-qPCR)

La cuantificación relativa de la expresión de *trh-de* y de las isoformas *ins-ra* y *ins-rb* se realizó mediante RT-qPCR empleando el reactivo Maxima SYBR Green/ROX (Thermo Fisher Scientific). El volumen final de reacción fue de 8 µL y los ensayos se efectuaron en un sistema QuantStudio 1 (Applied

Biosystems). Las condiciones de amplificación fueron: desnaturalización inicial a 95 °C por 10 min, seguida de 40 ciclos de desnaturalización a 95 °C por 10 s, alineación a 60 °C por 10 s y extensión a 72 °C por 10 s, seguidas de curvas melting que permitieron verificar la especificidad de los productos amplificados.

Todas las muestras se procesaron por duplicado, y la expresión relativa se calculó mediante el método $2^{-\Delta\Delta C_t}$, utilizando el grupo control como referencia y los genes β -actina y 18S como normalizadores internos.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos y la elaboración de gráficos se realizaron utilizando el software GraphPad Prism versión 10 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Los datos se expresaron como media \pm error estándar de la media ($\bar{X} \pm ES$). Previo al análisis inferencial, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro–Wilk. La homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Brown–Forsythe, incluida en el análisis de ANOVA. No se identificaron ni excluyeron valores atípicos (outliers) durante el análisis. Las diferencias entre grupos se evaluaron mediante ANOVA de una vía, seguido de la prueba post hoc de Tukey para comparaciones múltiples. Se consideraron estadísticamente significativas aquellas diferencias con un valor de $p < 0.05$. El análisis no se realizó bajo un esquema de cegamiento experimental.

Resultados

Expresión diferencial de *trh*, *trh-de* e *ins-r* en hígado y músculo del pez cebra

Para determinar la expresión basal de los genes *trh* y *trh-de*, así como corroborar la expresión de las isoformas de los receptores de insulina (*ins-ra*, *ins-rb*), se evaluó su expresión en tejidos de hígado, músculo y cerebro del pez cebra mediante PCR punto final.

Como se muestra en la **Figura 1**, los productos amplificados revelan una expresión diferencial entre los tejidos analizados, al menos bajo las condiciones de detección de la técnica empleada. La expresión del gen *trh* fue ligeramente evidente en el hígado, mientras que no se observó amplificación en el músculo (**Figura 1-A**). Por otro lado, la enzima *trh-de* mostró presencia en hígado y músculo, evidenciando su expresión periférica. Como se esperaba, el cerebro presentó una amplificación clara tanto para *trh* como para *trh-de*, por lo que la intensidad de sus bandas se utilizó como referencia para el análisis semicuantitativo de densidad óptica. En cuanto a las isoformas *ins-ra* y *ins-rb*, ambas se detectaron en los tres tejidos analizados.

El análisis semicuantitativo confirmó que la *trh-de* es más abundante en hígado que en músculo, mientras que los receptores de insulina están presentes en ambos tejidos metabólicos, con una ligera mayor abundancia en el hígado (**Figura 1-B**).

Efecto del tratamiento con TRH sobre la expresión de *trh-de* en hígado y músculo bajo condiciones de hiperglicemia

Dado el efecto hipoglucemiante de la TRH previamente demostrado (Díaz-Ortegón et al., 2025), y con el objetivo de profundizar en los mecanismos asociados, en este estudio se evaluó la respuesta de la enzima degradadora *trh-de* frente al estado hiperglucémico y al tratamiento hormonal, analizando su expresión relativa en hígado y músculo.

Los resultados mostraron que, tanto en hígado como en el músculo, la exposición al ambiente hiperglucémico redujo significativamente los niveles relativos de expresión del gen *trh-de* en comparación con el grupo control (**Figura 2**), con diferencias significativas en hígado ($p < 0.05$) y en músculo ($p < 0.001$). Sin embargo, la administración exógena de la TRH restauró la expresión del gen únicamente en el hígado, alcanzando valores comparables a los del grupo control (Glucosa + salina vs. Glucosa + TRH; $p < 0.01$), sin embargo, en el músculo los niveles de expresión de *trh-de* permanecieron disminuidos a pesar del tratamiento con la hormona.

Regulación de la expresión de *ins-ra* e *ins-rb* por TRH en hígado y músculo bajo condiciones de hiperglicemia

Finalmente, se analizó el posible efecto del tratamiento con TRH sobre la expresión de las isoformas de los receptores de insulina en hígado y músculo, considerando que estos tejidos son los principales órganos diana de la acción insulínica.

Tanto en hígado como en músculo (**Figuras 3A y 3B**), ambas isoformas (*ins-ra* y *ins-rb*) mostraron una disminución significativa de su expresión en los peces sometidos a hiperglicemia en comparación con el grupo control ($p < 0.0001$). Este efecto se mantuvo tras la administración de TRH ($p < 0.0001$), sin observarse un cambio o efecto regulador sobre los niveles del transcrito.

Discusión y Conclusiones

La hormona liberadora de tirotrópina (TRH) y su enzima degradadora (TRH-DE) han sido ampliamente estudiadas en el SNC, particularmente en regiones hipotalámicas, donde participan en la regulación del eje HPT (Vargas et al., 2024). Sin embargo, múltiples evidencias en mamíferos han revelado su expresión en tejidos periféricos, incluyendo páncreas, hígado, corazón, piel, testículos y músculo esquelético, lo que sugiere que el sistema TRHérgico podría desempeñar funciones tejido-específicas más allá de su papel neuroendocrino tradicional (Pekary & Sattin, 2022; The Human Protein Atlas, 2026).

Nuestros resultados demuestran que en el pez cebra adulto el gen *trh* se expresa en el hígado y en el cerebro. En contraste, su enzima degradadora (*trh-de*) se detectó tanto en el hígado como en el músculo, ambos tejidos metabólicamente activos. Este patrón concuerda con hallazgos en otros vertebrados, donde se ha descrito la presencia de TRH tanto en el SNC como en órganos periféricos (Lazcano et al., 2021). Por ejemplo, en anfibios como *Xenopus laevis*, la TRH se ha detectado en el cerebro y en el tracto gastrointestinal; en reptiles, se ha reportado su expresión en cerebro, páncreas, hígado y corazón

(Ávila-Mendoza et al., 2018); mientras que en aves como el pollo (*Gallus gallus*), la hormona se expresa en cerebro y células inmunes (Pech-Pool et al., 2020). Esta conservación filogenética sugiere que el sistema TRHérgico ha mantenido una función dual (central y periférica) a lo largo de la evolución de los vertebrados, posiblemente asociada al control del metabolismo energético y/o a mecanismos adaptativos de regulación fisiológica (Lazcano et al., 2021; Vargas et al., 2024). Aunque este estudio representa una aproximación inicial, se sugiere complementar estos hallazgos empleando técnicas cuantitativas y análisis proteicos que permitan confirmar la actividad biológica de estos elementos en tejidos periféricos.

La TRH-DE es una metaloproteínasa que regula la vida media de la TRH al catalizar su hidrólisis en el espacio extracelular (Lazcano et al., 2021; Pascual Alonso et al., 2023). Esta enzima se expresa en los β -tanicitos de la eminencia media y en diversos tejidos periféricos, incluido el hígado, donde se ha descrito una isoforma soluble denominada tiroliberinas, propuesta como moduladora de los niveles circulantes de la TRH (Charli et al., 2020). En humanos, los niveles séricos de la TRH se encuentran generalmente entre 5 y 20 pg/mL, con variabilidad interindividual y circadiana, y una vida media inferior a 5 minutos (Fröhlich & Wahl, 2019; Trubacova et al., 2022). A pesar de estas bajas concentraciones plasmáticas, su biodisponibilidad depende estrechamente de la actividad enzimática de la TRH-DE; por lo tanto, variaciones en la expresión del gen *trh-de* podrían tener un impacto directo en la concentración periférica y en la acción local de la hormona (Pascual Alonso et al., 2023).

En el presente estudio, bajo condiciones de hiperglicemia experimental, se observó una disminución significativa en la expresión de *trh-de* tanto en el hígado como en el músculo, lo que sugiere que el estado metabólico podría reducir la degradación de la TRH, en este modelo. La restauración de la expresión hepática del gen *trh-de* tras la administración exógena de la hormona indica la posible existencia de un mecanismo de retroalimentación negativa mediante el cual la TRH

regula la expresión de su propia enzima degradadora, con el fin de mantener un equilibrio local o sistémico en sus concentraciones. Este mecanismo ha sido previamente descrito a nivel hipotalámico, donde la TRH modula la transcripción del *trh-de* (Charli et al., 2020). En conjunto, estos hallazgos respaldan la idea de que el hígado podría actuar como un órgano sensor y modulador periférico de la actividad de la TRH en el pez cebra, ajustando la expresión de su enzima y, por tanto, su biodisponibilidad circulante en función del estado glicémico.

Por otro lado, la TRH se ha asociado con la regulación de la glicemia a distintos niveles, tanto central como periférico, a través de mecanismos que incluyen la modulación de la secreción y acción de la insulina. Diversos estudios han demostrado que la TRH puede influir en la liberación de la insulina *in vitro* e *in vivo*, e incluso, su administración exógena puede disminuir los niveles de glucosa en sangre en modelos murinos (Garay Guerrero et al., 2023; Štrbák, 2018). Considerando esta relación entre la TRH y la homeostasis glucémica, en el presente estudio se evaluó la posible participación de la hormona en la regulación de los receptores de insulina (*ins-ra* e *ins-rb*) en tejidos periféricos.

Se ha descrito que la hiperglicemia sostenida se asocia con una disminución en la expresión del gen *Ins-r*, mediada por la fosforilación de factores como FOXO1 y la inducción de represores transcripcionales como SREBP-1c (Bizzotto et al., 2021). En concordancia con ello, las isoformas *ins-ra* e *ins-rb* mostraron una disminución significativa tanto en hígado como en músculo bajo condiciones hiperglicémicas, sin que el tratamiento con TRH modificara estos niveles. Esto sugiere que, al menos en el contexto evaluado, la TRH no ejerce un efecto sobre la expresión de los receptores de insulina, y que su influencia sobre el metabolismo glucémico podría depender de otros mecanismos previamente descritos, como la modulación de la secreción de insulina o la regulación de los transportadores de glucosa (GLUTs) (Koh et al., 2022).

En conjunto, los resultados de este estudio respaldan la hipótesis de que la TRH actúa como un modulador periférico del metabolismo energético, particularmente a nivel hepático, a través de mecanismos de autorregulación mediados por su enzima degradadora. Esta interacción entre la TRH y la TRH-DE sugiere un sistema de control local que podría influir en la homeostasis glucémica. Asimismo, el pez cebra es un modelo experimental idóneo para explorar la interrelación entre hormonas neuroendocrinas y el metabolismo periférico, abriendo nuevas líneas de investigación orientadas a comprender la función sistémica de la TRH y su posible relevancia en trastornos metabólicos como la diabetes mellitus tipo 2.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Salas, E., García-Luna, C., Soberanes-Chávez, P., & de Gortari, P. (2022). Role of the thyrotropin-releasing hormone of the limbic system in mood and eating regulation. *Journal of Integrative Neuroscience*, 21(2), 47. <https://doi.org/10.31083/jjin2102047>
- Ávila-Mendoza, J., Pérez-Rueda, E., Urban-Sosa, V., Carranza, M., Martínez-Moreno, C. G., Luna, M., & Arámburo, C. (2018). Characterization and distribution of GHRH, PACAP, TRH, SST and IGF1 mRNAs in the green iguana. *General and Comparative Endocrinology*, 255, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2017.09.027>
- Bizzotto, R., Tricò, D., Natali, A., Gastaldelli, A., Muscelli, E., De Fronzo, R. A., Arslanian, S., Ferrannini, E., & Mari, A. (2021). New insights on the interactions between insulin clearance and the main glucose homeostasis mechanisms. *Diabetes Care*, 44(9), 2115–2123. <https://doi.org/10.2337/dc21-0545>
- Capiotti, K. M., Antonioli, R., Kist, L. W., Bogo, M. R., Bonan, C. D., & Da Silva, R. S. (2014). Persistent impaired glucose metabolism in a zebrafish hyperglycemia model. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 171(1), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2014.03.005>
- Charli, J. L., Rodríguez-Rodríguez, A., Hernández-Ortega, K., Cote-Vélez, A., Uribe, R. M., Jaimes-Hoy, L., & Joseph-Bravo, P. (2020). The thyrotropin-releasing hormone-degrading ectoenzyme, a therapeutic target? *Frontiers in Pharmacology*, 11, Article 640. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00640>
- Díaz Ortigón, D. S., Pech-Pool, S. M., Olvera Vidal, A. M., Hernández Puga, A. G., Sánchez Tusie, A. A., Orozco Rivas, A., García Gutiérrez, M. C., & Lazcano Sánchez, I. (2025). TRH como modulador del

metabolismo glucémico en pez cebra. *NTHE. Revista Electrónica de Difusión Científica, Tecnológica y de Innovación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro*, 21–29. <http://nthe.mx/>

Fröhlich, E., & Wahl, R. (2019). The forgotten effects of thyrotropin-releasing hormone: Metabolic functions and medical applications. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 52, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2018.06.006>

Garay Guerrero, J., Ishida, E., Shibusawa, N., Lei, X., Yamada, S., Horiguchi, K., & Yamada, M. (2023). Role of thyrotropin-releasing hormone in regulating fibroblast growth factor 21 in mouse pancreatic β cells. *Thyroid*, 33(2), 251–260. <https://doi.org/10.1089/thy.2022.0144>

Kinkel, M. D., Eames, S. C., Philipson, L. H., & Prince, V. E. (2010). Intraperitoneal injection into adult zebrafish. *Journal of Visualized Experiments*, 42, Article e2126. <https://doi.org/10.3791/2126>

Koh, H. C. E., Cao, C., & Mittendorfer, B. (2022). Insulin clearance in obesity and type 2 diabetes. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2), Article 596. <https://doi.org/10.3390/ijms23020596>

Lazcano, I., Pech-Pool, S. M., Olvera, A., García-Martínez, I., Palacios-Pérez, S., & Orozco, A. (2023). The importance of thyroid hormone signaling during early development: Lessons from the zebrafish model. *General and Comparative Endocrinology*, 334, Article 114225. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2023.114225>

Lazcano, I., Rodríguez-Rodríguez, A., Uribe, R. M., Orozco, A., Joseph-Bravo, P., & Charli, J. L. (2021). Evolution of thyrotropin-releasing factor extracellular communication units. *General and Comparative Endocrinology*, 305, Article 113642. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113642>

Luo, J. Z. Q., Vang, S., Ting, Z., Jackson, I., & Luo, L. (2014). Thyrotropin-releasing hormone (TRH): A small molecule in pancreas promotes insulin-producing cell proliferation. In *Glucose homeostasis*. InTech. <https://doi.org/10.5772/57550>

Pascual Alonso, I., Almeida García, F., Valdés Tresanco, M. E., Arrebola Sánchez, Y., Ojeda del Sol, D., Sánchez Ramírez, B., Florent, I., Schmitt, M., & Avilés, F. X. (2023). Marine invertebrates: A promissory still unexplored source of inhibitors of biomedically relevant metallo aminopeptidases belonging to the M1 and M17 families. *Marine Drugs*, 21(5), Article 279. <https://doi.org/10.3390/md21050279>

Pech-Pool, S., Berumen, L. C., Martínez-Moreno, C. G., García-Alcocer, G., Carranza, M., Luna, M., & Arámburo, C. (2020). Thyrotropin-releasing hormone (TRH) and somatostatin (SST), but not growth hormone-releasing hormone (GHRH) nor ghrelin (GHRL), regulate expression and release of immune growth hormone (GH) from chicken bursal B-lymphocyte cultures. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), Article 1436. <https://doi.org/10.3390/ijms21041436>

Pekary, A. E., & Sattin, A. (2022). TRH and TRH-like peptide levels covary with caloric restriction and oral metformin in rat heart and testis. *Endocrine and Metabolic Science*, 7–8, Article 100121. <https://doi.org/10.1016/j.endmts.2022.100121>

Štrbák, V. (2018). Pancreatic thyrotropin-releasing hormone and mechanism of insulin secretion. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 50(1), 385–397. <https://doi.org/10.1159/000494013>

The Human Protein Atlas. (2026). TRH protein expression summary. <https://www.proteinatlas.org>

Trubacova, R., Drastichova, Z., & Novotny, J. (2022). Biochemical and physiological insights into TRH receptor-mediated signaling. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10, Article 981452. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.981452>

Vargas, Y., Castro Tron, A. E., Rodríguez-Rodríguez, A., Uribe, R. M., Joseph-Bravo, P., & Charli, J. L. (2024). Thyrotropin-releasing hormone and food intake in mammals: An update. *Metabolites*, 14(6), Article 302. <https://doi.org/10.3390/metabo14060302>



CONCYTEO

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE QUERÉTARO