

inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Vol. 20, núm. 50, 2024 | ISSN: 2448-9026 (digital)

DOI: [10.30973/inventio/2024.20.50](https://doi.org/10.30973/inventio/2024.20.50)

ARTÍCULOS

Identificación de péptidos lineales como prospectos inmunogénicos *in silico* contra *Anaplasma marginale*

Identification of linear peptides as in silico immunogenic leads against Anaplasma marginale

Cristopher Favian Guadarrama Albarrán, Elizabeth Salinas Estrella, Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas, Sergio Darío Rodríguez Camarillo

Competencias emocionales en universitarios: un estudio de teoría fundamentada

Emotional competencies in university students: a study of grounded theory

Juan Carlos Gutiérrez Cervantes, Armando Lozano Rodríguez, Martín Alonso Mercado Varela

Impacto de las actividades humanas en las interacciones entre plantas y animales: efectos en cascada

Impact of human activities on plant-animal interactions: cascading effects

Cristina Martínez-Garza, Vanelly Chávez Heredia, Laritza González-Leiva, Marcela Osorio-Beristain

Plantas que protegen: explorando alternativas ecológicas para la prevención de la corrosión

Plants that Protect: Exploring Ecological Alternatives for Corrosion Prevention

Irma Alondra Hermoso Díaz, José Gonzalo González Rodríguez

Violencias contra las mujeres y su derecho a la protección internacional en México

Violence against women and their right to international protection in Mexico

Amarilis Pérez Vera

Actitud ambiental en estudiantes universitarios: un estudio con enfoque de género

Environmental attitude in university students: a study with a gender focus

Catalina Vargas Ramos, Tirso Durán Badillo

Optimización y su relación con la logística

Optimization and its relation with logistics

Jesús del Carmen Peralta-Abarca, Pedro Moreno Bernal, Felipe de Jesús Bonilla Sánchez, José Alberto Hernández Aguilar

Conocimiento local y territorialidad en Hueyapan, Morelos, México

Local Knowledge and Territoriality in Hueyapan, Morelos, México

Radamés Villagómez Reséndiz

Análisis del rendimiento en Matemáticas I en preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, Tamaulipas

Analysis of performance in Mathematics I in federalized high schools in Ciudad Victoria, Tamaulipas

Leopoldo Jesús Boeta González, Susana Boeta González

SIGNIFICAR CON TEXTOS

Fondo Editorial UAEM

Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Secretaría Académica

Dirección de Publicaciones y Divulgación

inventio.uaem.mx, inventio@uaem.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



PUBLICACIONES
Y DIVULGACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

DIRECTORIO

Rectora
Viridiana Aydée León Hernández

Secretaria Académica
Elisa Lugo Villaseñor

Directora de Publicaciones y Divulgación
Jade Nadine Gutiérrez Hardt

CONSEJO EDITORIAL INSTITUCIONAL

Migdalia Díaz Vargas
Centro de Investigaciones Biológicas (CIB)

Amalia Isabel Izquierdo Campos
Facultad de Estudios Superiores de Cuautla (FESC)

Fernanda Gabriela Martínez Flores
Facultad de Comunicación Humana (FCH)

Rafael Monroy Ortiz
Facultad de Arquitectura

José Luis Montiel Hernández
Facultad de Farmacia

Alejandro Ramírez Solís
Centro de Investigación en Ciencias (CINC)

Erika Román Montes de Oca
Facultad de Ciencias Agropecuarias

Adriana Saldaña Ramírez
Centro de Investigación en Ciencias Sociales
y Estudios Regionales (CICSER)

EQUIPO EDITORIAL

Coordinación editorial
Gerardo Ochoa

Edición, corrección y dictamen
Gerardo Ochoa
Allison Cruz Aparicio

CONSEJO EDITORIAL EXTERNO

Horacio Santiago Mejía
Universidad Intercultural del Estado de México (UIEM)

Luis Everardo Castro Solís
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Coahuila (UAC)

Humberto Saint Martin Posada
Instituto de Ciencias Físicas,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Brenda Roxana Vázquez Fuentes
Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González",
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

Emilia Castillo Ochoa
Departamento de Psicología y Ciencias de la Comunicación,
Universidad de Sonora (UNISON)

Luis Miguel Burciaga Cifuentes
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

María de Lourdes Flores Morales
Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélaz Pliego",
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

Inventio, año 20, número 50, 2024, es una publicación periódica cuatrimestral, de modalidad adelantada, editada por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), a través de la Dirección de Publicaciones y Divulgación, Edificio 59-A (Facultad de Artes), Campus Norte. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono +52 777 3297000, ext. 3417. Correo: inventio@uaem.mx Las normas editoriales pueden consultarse en <http://inventio.uaem.mx>

Editor responsable: Jade Nadine Gutiérrez Hardt. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2009-093012081100-102. ISSN: 2448-9026 (digital). Responsable de la última actualización de este número: Gerardo Ochoa. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Teléfono +52 777 329 7000, ext. 3417. Correo: inventio@uaem.mx Fecha de la última modificación: 27 de septiembre de 2024.

Inventio publica artículos que sean resultado de investigaciones originales desarrolladas por investigadores mexicanos y del extranjero. Sus contenidos muestran la diversidad del pensamiento universitario y son responsabilidad de cada autor.

Está incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación del CONAHCYT, directorio de LATINDEX (UNAM), repositorio de Dialnet (UNIRIOJA), Latinoamericana (Chile) y LatinREV (FLACSO, Argentina).

Esta revista proporciona acceso abierto inmediato a su contenido, con base en el principio de ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones para contribuir a un mayor intercambio global de conocimientos. Se distribuye bajo una licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).



ARTÍCULOS

Identificación de péptidos lineales como prospectos inmunogénicos *in silico* contra *Anaplasma marginale*

Identification of linear peptides as in silico immunogenic leads against Anaplasma marginale

Cristopher Favian Guadarrama Albarrán

ORCID: 0009-0001-3575-6014, favian-19999@outlook.es

Maestría en Ciencias en Biotecnología, Universidad Politécnica del Estado de Morelos (UPEMOR)

Elizabeth Salinas Estrella

ORCID: 0000-0002-0503-6577, salinas.elizabeth@inifap.gob.mx

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas

ORCID: 0000-0001-9984-2715, cobaxin.mayra@inifap.gob.mx

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Sergio Darío Rodríguez Camarillo

ORCID: 0000-0003-1316-5739, rodriguez.sergio@inifap.gob.mx

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Recepción: 14/06/23. Aceptación: 19/01/24. Publicación: 05/07/24

RESUMEN

Anaplasma marginale es un patógeno con una amplia diversidad genética, la cual ha dificultado el desarrollo de vacunas eficientes para la prevención y control de la anaplasmosis bovina. Mediante el uso de programas bioinformáticos se realizó una predicción de péptidos lineales de proteínas de membrana que contuvieran en su secuencia epítopos B, para su posible proposición como candidatos a inmunógenos. Este trabajo es una aproximación *in silico* para la posterior síntesis en formato péptidos multiantigénicos sintéticos (MAP) y su subsecuente evaluación *in vivo*, de forma que se analice la efectividad en la generación de una respuesta inmune protectora frente a un desafío heterólogo con cepas de *Anaplasma marginale*.

PALABRAS CLAVE

anaplasmosis bovina, diagnóstico, inmunobioinformática, inmunoprotección, vacunología

ABSTRACT

Anaplasma marginale is a pathogen with a wide genetic diversity, which has hindered the development of efficient vaccines for the prevention and control of bovine anaplasmosis. Using bioinformatics programs, a prediction of linear peptides of membrane proteins containing B epitopes in their sequence was carried out for their possible proposal as immunogen candidates. This work is an *in silico* approach for the subsequent synthesis in synthetic multiantigenic peptide (MAP) format and its subsequent *in vivo* evaluation, in order to analyze the effectiveness in the generation of a protective immune response against a heterologous challenge with strains of *Anaplasma marginale*.

KEYWORDS

bovine anaplasmosis, diagnosis, immunobioinformatics, immunoprotection, vaccinology

Introducción

La anaplasmosis bovina es una enfermedad causada por *Anaplasma marginale*, organismo patógeno de bovinos, el cual ha sido el único de la familia *Anaplasmataceae* reportado en México. Ésta es una bacteria de tipo Gram negativa, del género de las rickettsias y del grupo II de las *Ehrlichias*. Carece de citoplasma y retículo endoplasmático, tiene una forma cocoide de aproximadamente 0.3 μm de diámetro y es intraeritocítica obligada (Rodríguez Carrillo et al., 2003).

En México, se ha determinado, por medio de serología y pruebas moleculares, una prevalencia del 50% en las regiones tropicales y subtropicales (Rodríguez et al., 2009). Las cepas mexicanas de *A. marginale* muestran una amplia diversidad genética de la proteína MSP1a, la cual cumple la función de adhesina de los cuerpos iniciales hacia los eritrocitos y las células epiteliales del intestino de la garrapata. Esta diversidad revela el importante papel del transporte de ganado en la transmisión, distribución y mantenimiento de la enfermedad entre los hatos bovinos del país, y refuerza la propuesta de vacunas regionales para controlar los brotes de anaplasmosis (Salinas-Estrella et al., 2022). Asimismo, hace patente la necesidad de desarrollar nuevas vacunas utilizando otras proteínas presentes en la membrana de *A. marginale* que tengan un alto grado de conservación.

Por otro lado, esta diversidad es el principal obstáculo para el desarrollo de una vacuna efectiva, cuyo objetivo es que los bovinos desarrollen una respuesta inmune protectora tipo Th1. La respuesta Th1 se caracteriza por la presencia de altos títulos de IgG2, debido a que las células Th1 son las encargadas de la producción de la citocina IL-2 e interferón gamma, que a su vez estimulan la síntesis del isotipo IgG2 e interferón (IFN- γ) por las células B y los macrófagos, los cuales son capaces de fagocitar a los eritrocitos infectados por *A. marginale*. A diferencia del isotipo IgG2, el isotipo IgG1 no es capaz de mediar la fagocitosis por neutrófilos o monocitos (Barigye et al., 2004).

Es por ello que, idealmente, las vacunas que se propongan en adelante mediante la utilización de estrategias bioinformáticas deben asegurar que la respuesta inmune que desencadenen sea una respuesta protectora, con la cual el sistema inmune de los bovinos deberá reconocer epítopos conservados en las proteínas de las diferentes cepas circulantes en México. De esta forma, deben asegurar que las características de virulencia propias de *A. marginale* —como los picos de rickettsemia originados por el cambio en la expresión cíclica de la proteína MSP2 o la enfermedad ocasionada por la infección de múltiples cepas— no sean un impedimento para que las células del sistema inmune monten una respuesta adaptativa fuerte y prolongada a través del tiempo, con la cual podrán evitar la presentación del cuadro clínico ocasionado por la replicación de *A. marginale* en los eritrocitos bovinos.

Objetivo

Identificar péptidos inmunogénicos en *A. marginale* a través de herramientas bioinformáticas para la proposición de un posible candidato a inmunógeno contra la anaplasmosis bovina.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda del genoma de las cepas de *A. marginale* registradas en el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) en Estados Unidos. Entre las veinticuatro cepas resultantes (National Library of Medicine, sf) se identificaron las siete cepas mexicanas, con números de acceso VTWW01000000, VTS001000000, VTCZ01000000, QLIV01000000, VTCX01000000, VTWV01000000 y VTCY01000000, así como la de St. Maries, con número de acceso NC_004842, cuyo genoma ya ha sido secuenciado en su totalidad.

Se localizaron todas las proteínas presentes en la membrana de *A. marginale* de la cepa St. Maries y se procedió a realizar una búsqueda específica de las siguientes proteínas de membrana: Bam, Sec, Mur, Tat, OMP, Vir, MSP, Rod, Glm y Ple. Se descargaron las tablas de todas las proteínas encontradas y, mediante el uso de MobaxTerm (simulador de Linux), se filtraron los nombres de las proteínas que se repetían en la cepa St. Maries. Posteriormente, se seleccionó una proteína MULTISPECIES que estuviera presente en todas las cepas mexicanas.

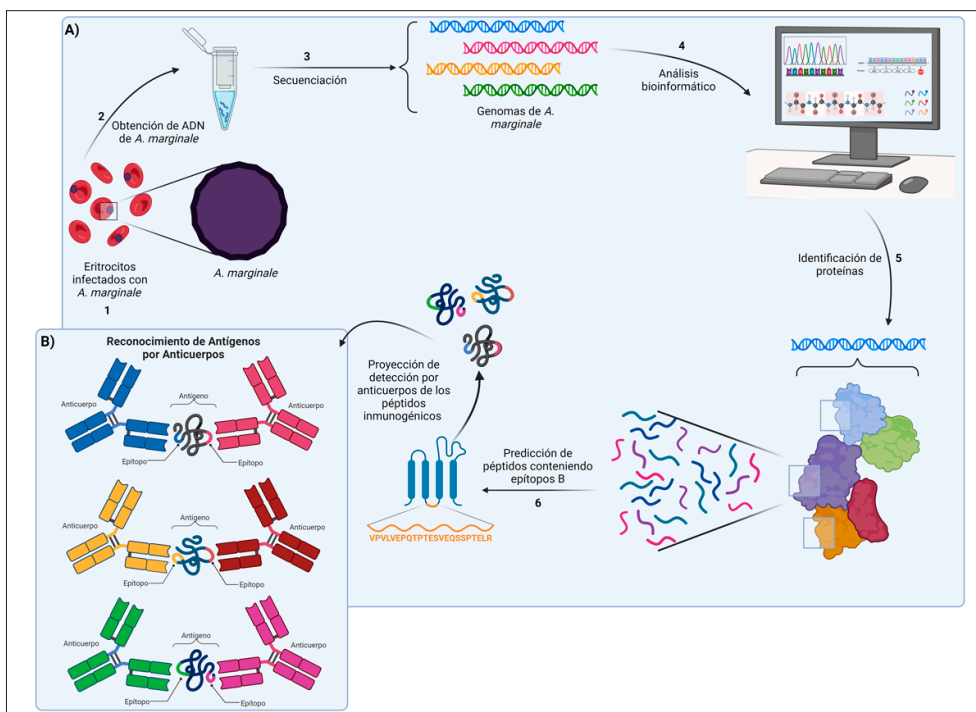
Para visualizar el grado de conservación de la proteína seleccionada entre las cepas mexicanas y la de St. Maries se realizó un alineamiento múltiple con Clustal Omega. Por otra parte, se hizo el análisis de topología de las proteínas, así como de hidrofobicidad, antigenicidad y dominios proteicos mediante los programas bioinformáticos TMHMM, PROTTER, Phobius, Phyrez y SMART-pfam. De esta manera se pudo predecir si la proteína era expuesta, transmembranal o intracelular.

Finalmente, se utilizaron los programas bioinformáticos IEDB Analysis Resource, BepiPred, ABCpred y SVMtrip para la predicción de epítomos B. Estos programas cuentan con un umbral de predicción de cero a uno y, en el caso de IEDB, se muestra un puntaje (*score*) máximo y mínimo de la proteína, ya establecido por el método de predicción BepiPred Linear Epitope Prediction, por lo que se tomaron en cuenta sólo aquellos epítomos B lineales que presentaron un valor entre 0,5 y uno, con una longitud de diez a dieciséis aminoácidos, para la definición y selección de los péptidos que serían propuestos como candidatos a inmunógenos (figura 1, p. 4).

Resultados y discusión

Se escogieron los epítomos B con mayor puntaje en los distintos programas bioinformáticos, cada uno con un distinto umbral de predicción. Los epítomos con diez a dieciséis aminoácidos y con el mayor puntaje considerado por cada programa fueron seleccionados para los análisis posteriores, con la finalidad de aumentar la probabilidad de detección por los anticuerpos

Figura 1
Proceso de identificación de péptidos lineales como prospectos inmunogénicos
in silico* contra *Anaplasma marginale



A) A partir de eritrocitos de bovinos infectados con *A. marginale* (1) se obtiene el material biológico (ADN) del patógeno (2) para secuenciarse (3). Por medio de herramientas bioinformáticas, se realiza el análisis de las secuencias de las diferentes cepas registradas (4) para, de esta forma, encontrar dominios de proteínas (5) importantes para las funciones prioritarias de *A. marginale* (adhesión, respiración, transporte de nutrientes, entre otras). A partir de las secuencias de proteínas, se utilizan diferentes algoritmos que ayudan a predecir porciones cortas (péptidos) que contengan epítopos B (6), con base en la expresión en membrana, hidrofobicidad y antigenicidad de las proteínas y, en específico, de los péptidos predichos.

B) La finalidad es seleccionar péptidos lineales con el mayor potencial de ser antigénicos y reconocidos por anticuerpos en su conformación final en las proteínas nativas. Todos estos análisis son realizados *in silico*, es decir, hechos por computadora o por vía de simulación computacional.

Fuente: elaboración propia.

bovinos, debido al tamaño del sitio de unión al antígeno de la región variable que posee el isotipo IGG de tipo monomérico.

Se consideraron los epítopos EGYIDSYPSSKSIDYA (posición 113-129) y APTIREPILGGNGEIS (posición 282-298) de las proteínas BamD y SecD de dieciséis aminoácidos predichos por el programa ABCpred, debido a que se traslapaban con los predichos con el programa IEDB (tabla 1). Por

Tabla 1

Selección de los epítomos B predichos mediante programas bioinformáticos

Cepas	Proteínas transmembranales analizadas	Predicción de epítomos B y programa bioinformático utilizado	Propuesta de epítomo B como candidato vacunal contra anaplasmosis bovina
	TatC	IEDB NRDASVG ABCpred VGLISSKTLAGKRRVA BepiPred GFENRDASVGVPI SVMtrip VAIVAIFTLAAILT	GFENRDASVGVPI
St. Maries MEX-14-010-01 MEX-30-193-01 MEX-01-001-01 MEX-17-017-01 MEX-31-096-01 MEX-30-184-02 MEX-15-099-01	SecD	IEDB PILGGNGEIS ABCpred APTIREPILGGNGEIS BepiPred REPILGGNGEISGRFSMSEAK SVMtrip LLEVDFHEYKGRLL	REPILGGNGEISGRFSMSEAK
	BamD	IEDB GYIDSYSSKSI ABCpred EGYIDSYSSKSIDYA BepiPred PVAAASFAEEGVH SVMtrip RHLGEISKRLAAVQ	EGYIDSYSSKSIDYA

Fuente: elaboración propia.

otra parte, el epítomo GFENRDASVGVPI (posición 133-146) de la proteína TatC de trece aminoácidos, predichos por el programa BepiPred, se tomó en cuenta debido a que se encontraba traslapándose con el predicho con IEDB al igual que los anteriores (tabla 1). Todos los epítomos se encuentran al exterior de la membrana, de acuerdo con los resultados obtenidos en los programas VaxiJen, ProtScale, TMHMM, Phobius, PROTTTER, Phyrez, Interpro y SMART-Pfam.

Con base en los análisis bioinformáticos sobre las proteínas BamD, SecD y TatC, los péptidos derivados de éstas pueden ser considerados como candidatos a inmunógenos. También se determinó la distribución de la proteína en la membrana y, mediante el análisis de la secuencia con programas bioinformáticos, se determinó que los epítomos de secuencia EGYIDSYSSKSIDYA, APTIREPILGGNGEIS y GFENRDASVGVPI, predichos con ABCpred, BepiPred, y los traslapados con los de IEDB, GYIDSYSSKSI, PILGGNGEIS y NRDASVG, se encuentran expuestos, por lo cual se puede utilizar la secuencia traslapada de éstos como péptidos inmunogénicos, por su potencial para ser reconocidos por anticuerpos e, idealmente, generar una respuesta inmune protectora Th1.

Se encontraron similitudes con la metodología usada en este trabajo en el estudio publicado por Ramírez Rueda (2007), quien realizó una predicción de secuencias con actividad

inmunogénica, útiles para el diseño de un modelo de posible vacuna contra la malaria, en el cual utilizaba los programas TAPPred, Propred I, Propred, CTLPred y ABCpred, para la predicción de epítomos, y TMHMM para la predicción de la posición del epítomo, es decir, si éste se encontraba expuesto o estaba internalizado.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos en la predicción de epítomos B como posibles candidatos vacunales, se emplearon cuatro programas disponibles en internet, de los cuales sólo ABCpred coincide como la herramienta utilizada en el presente trabajo. Además, en la predicción de la posición del epítomo se utilizaron más programas bioinformáticos, lo cual genera una mayor probabilidad de que el péptido efectivamente esté expuesto, y también se utilizaron programas para predecir los dominios proteicos, de tal manera que si el epítomo está dentro del dominio, es más probable que pueda ser inmunogénico.

A pesar de los interesantes resultados obtenidos, la cobertura de este trabajo es meramente de análisis y determinación *in silico*, con base en las propiedades antes descritas de los programas usados y las características buscadas de las diferentes proteínas conservadas entre cepas de *A. marginale*. La comprobación de la efectividad de los epítomos encontrados como estimuladores de una respuesta inmune protectora contra *A. marginale* requiere, en primer lugar, de la síntesis de dichos epítomos en forma de péptidos sintéticos multiantigénicos (MAP, por sus siglas en inglés), para ser inoculados en bovinos junto con un adyuvante, con la intención de que esos péptidos sean reconocidos por las células del sistema inmune, cuyos productos o moléculas pudieran identificar eficazmente los mismos sitios de unión en proteínas nativas de *A. marginale*.

La respuesta inmune protectora no se podría dar por establecida hasta que los bovinos previamente inoculados fueran desafiados con una cepa viva de *A. marginale* y se comprobara que han sobrevivido a la infección sin desarrollar signos de enfermedad y sin presentar ciclos de rickettsemia en los meses posteriores. Para ello, el estado de salud de los bovinos inoculados se debería evaluar mediante un seguimiento clínico cercano. Éste debe incluir: a) la evaluación de la temperatura rectal (cuyo aumento indica un proceso infectivo en desarrollo detectado por el sistema inmune); b) la observación al microscopio de frotis sanguíneo, para determinar la presencia del patógeno y para la cuantificación del porcentaje de eritrocitos infectados; c) la determinación del volumen celular aglomerado mediante la técnica de microhematocrito (el cual puede ser de ayuda en la identificación de un proceso indicativo de anemia en caso de enfermedad); d) la realización de pruebas serológicas (que permitan identificar el tipo de respuesta inmune generada mediante la determinación de las proporciones de inmunoglobulinas IGG1 e IGG2, así como mediante la detección de citosinas características de la respuesta Th1); e) la realización de pruebas moleculares (como la PCR anidada para el gen *MSP5*) para la detección de ADN del patógeno en sangre bovina.

De esta forma, el conjunto de estas evaluaciones permitiría determinar si la inoculación con péptidos sintéticos conteniendo los epítomos seleccionados cumple con el objetivo de estimular el desarrollo de una respuesta inmune protectora contra la anaplasmosis bovina causada por *A. marginale* en México.

Conclusión

Este tipo de trabajos *in silico* permite estimar la ubicación de los péptidos dentro de la conformación de las proteínas, con base en características como la hidrofobicidad o la antigenicidad, entre otras, de tal modo que se puede hacer una aproximación a la interacción que tendrían estas secuencias peptídicas con el sitio de reconocimiento de los anticuerpos. Utilizando herramientas bioinformáticas se logró predecir doce epítomos B, de los cuales se seleccionaron tres secuencias peptídicas que podrían ser consideradas para evaluarse como péptidos inmunogénicos contra la anaplasmosis bovina.

Referencias

- Barigye, R., García Ortiz, M. A., Rojas Ramírez, E. E. y Rodríguez Camarillo, S. D. (2004). Identificación de antígenos IgG2 específicos en tres cepas mexicanas de *Anaplasma marginale*. *Técnica Pecuaria en Mexico*, 42(2), 219-236. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61342208.pdf>
- National Library of Medicine (sf). *Anaplasma marginale*. National Library of Medicine. National Center of Biotechnology Information, sp. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/?taxon=770>
- Ramírez Rueda, R. Y. (2007). Búsqueda de secuencias con actividad inmunogénica, útiles para el diseño de un modelo de posible vacuna contra la malaria. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 39(1), 8-15. <https://www.redalyc.org/pdf/3438/343835674001.pdf>
- Rodríguez, S. D., García Ortiz, M. A., Jiménez Ocampo, R. y Vega y Murguía, C. A. (2009). Molecular epidemiology of bovine anaplasmosis with a particular focus in Mexico. *Infection, Genetics and Evolution*, 9(6), 1092-1101. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2009.09.007>
- Rodríguez Camarillo, S. D., García Ortiz Ramón, M. A., Aboytes Torres, G. J. y Canto Alarcón, R. B. (2003). Inmunología e inmunoprofilaxis de la anaplasmosis bovina. *Ciencia Veterinaria*, 9(4), 123-164. <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol9/CV9c5.pdf>
- Salinas-Estrella, E., Amaro-Estrada, I., Cobaxin-Cárdenas, M. E., Preciado de la Torre, J. F. y Rodríguez, S. D. (2022). Bovine anaplasmosis: will there ever be an almighty effective vaccine? *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 946545. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946545>

ARTÍCULOS

Competencias emocionales en universitarios: un estudio de teoría fundamentada

Emotional competencies in university students: a study of grounded theory

Juan Carlos Gutiérrez Cervantes

ORCID: 0000-0002-8840-4979, jgutierrez421@estudiantes.ciad.mx

Doctorado en Desarrollo Regional, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Martín Alonso Mercado Varela

ORCID: 0000-0001-8733-115X, martin.mercado10664@potros.itson.edu.mx

Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Armando Lozano Rodríguez

ORCID: 0000-0002-7013-4210, armando.lozano@itson.edu.mx

Departamento de Educación, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Recepción: 08/09/23. Aceptación: 17/01/24. Publicación: 21/08/24

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar las prácticas de competencias emocionales (CE) en estudiantes universitarios con el fin de comprender a profundidad el funcionamiento de este fenómeno. La muestra se integró por 39 estudiantes universitarios del sur de Sonora. Mediante entrevistas semiestructuradas con final abierto, grupo focal y técnica de validación de los encuestados (*member checking*), se realizaron procesos de codificación simple, axial y selectiva. Emergieron seis categorías: fisiología de las emociones, racionalización de las emociones, autorregulación, aceptación de las emociones, empatía y autonomía. Se concluyó que las prácticas de CE se reflejan en todos los ámbitos de la persona.

PALABRAS CLAVE

competencias, cualitativo, emociones, teoría fundamentada, universitarios

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the emotional competences (CE) practices of university students in order to fully understand the operation of this phenomenon. The sample consisted of 39 university students from southern Sonora. Through semi-structured interviews with open end, focus group and the member checking validity technique, simple, axial and selective coding processes were carried out. Six categories emerged: physiology of emotions, rationalization of emotions, self-regulation, acceptance of emotions, empathy, and autonomy. It is concluded that CE practices are reflected in all areas of the person.

KEYWORDS

competences, qualitative, emotions, grounded theory, undergraduates

Introducción

A pesar de las problemáticas evidentes de violencia e inseguridad ciudadana y otros tipos de delincuencia por las que atraviesa la sociedad mexicana, no se han encontrado soluciones prácticas que generen un impacto significativo en el bienestar social y psicológico de las personas (Berger et al., 2009). Esto pone de manifiesto las deficiencias en las bases conceptuales y teóricas sobre las que se sostienen las investigaciones, proyectos y políticas públicas implementadas en el ámbito educativo en los últimos años, ya que existe una inclinación a considerar los factores externos al estudiante, como la escolaridad de los padres, nivel socioeconómico, infraestructura, entre otros, dejando rezagados los factores internos, como la educación emocional, la cual es primordial en todo el ciclo vital, pues protege a la persona en situaciones de vulnerabilidad y permite afrontar la adversidad de manera positiva, con especial énfasis en estudiantes adolescentes (Bisquerra Alzina y Pérez Escoda, 2007; Pérez Escoda et al., 2013).

La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2000) concuerda con lo anterior y recalca que la educación debe pasar de métodos tradicionales y lineales a formaciones integrales que incluyan variables culturales, psicosociales y afectivas en todos los niveles educativos, incluyendo el superior, pues son factores cruciales para las exigencias del mundo laboral actual.

Uno de los aspectos que ha tomado importancia dentro de la comunidad científica y en el contexto educativo son las competencias emocionales (CE). Este concepto es propuesto por Saarni (1999), investigadora pionera en esta temática. La autora propone un modelo de ocho CE básicas, que incluyen la conciencia emocional de uno mismo, la habilidad para comprender las emociones de otros, la habilidad para expresar emociones de manera apropiada en los diferentes contextos culturales y sociales, el mostrar empatía, la capacidad para diferenciar la emoción subjetiva y su expresión externa, la habilidad para la resolución de conflictos, la comunicación emocional en las relaciones interpersonales y la autoeficacia emocional.

A partir de esta propuesta, Bisquerra Alzina y Pérez Escoda (2007) desarrollan un modelo de CE más reducido, que se ha utilizado para desarrollar otros modelos de intervención y evaluación en el contexto educativo. Estos autores definen las CE como el conjunto de conocimientos, capacidades, habilidades y actitudes necesarias para conocer, comprender, expresar y regular de forma apropiada los fenómenos emocionales. Este modelo se compone de cinco competencias:

- *Conciencia emocional*, la cual incluye todo el proceso cognitivo empleado para reconocer y nombrar una emoción, así como su manifestación conductual.
- *Regulación emocional*, competencia que abarca la capacidad de expresar emociones adecuadamente, un afrontamiento positivo de las emociones negativas y la capacidad para crearse a sí mismo un bienestar emocional.

- *Autonomía emocional*, que incluye aspectos de autoestima, autoeficacia, búsqueda de ayuda adaptativa, actitud positiva y conductas socialmente responsables.
- *Competencia social*, la cual se refiere a la capacidad de construir relaciones interpersonales sanas basadas en habilidades sociales, como la comunicación asertiva y afectiva, muestra de valores, empatía, escucha activa y una visión prosocial que se expresa en su actitud y conducta.
- *Competencias para la vida y el bienestar*, la cual se refiere a la capacidad para generar conductas benéficas en el área personal, familiar, profesional y social, orientada al bienestar personal y social.

Otros autores proponen modelos de CE que tienen su sustento en los modelos mixtos de inteligencia emocional, como los de Boyatzis et al. (2011), Bar-On (2010) y Mayer y Salovey (1997); sin embargo, existe ya una diferenciación entre CE y el constructo de inteligencia emocional. La inteligencia emocional es un constructo propio de la ciencia psicológica y se estructura únicamente de habilidades específicas de procesamiento de información emocional, mientras que las CE surgen de la educación emocional, tienen mayor aplicación en el contexto educativo y se encuentran más orientadas a la medición de niveles de logro que a capacidades cognitivas (Fragoso-Luzuriaga, 2015).

Algunos estudios han puesto en evidencia el impacto positivo en el ámbito escolar que se produce con la aplicación de las CE (Bisquerra Alzina y Pérez Escoda, 2012; García et al., 2015; Ros Morente et al., 2017; Márquez-Cervantes y Gaeta-González, 2018). Un ejemplo es el estudio de López-Cassá et al. (2018), en el cual se encontró que las CE se relacionan con las capacidades de afrontamiento en situaciones adversas e impactan en la percepción de una alta satisfacción con la vida.

En un estudio cuantitativo, Cejudo (2017) concluye que aquellos estudiantes con mayor capacidad para identificar sus sentimientos y regular sus estados emocionales tienen mejor funcionamiento social y rendimiento académico. Las CE también se relacionan positivamente con el bienestar (Pérez-Escoda y Alegre, 2016; Sánchez-Álvarez et al., 2016) y el ajuste psicológico (Cobos-Sánchez et al., 2017; De la Barrera et al., 2019), y negativamente, con manifestaciones conductuales, cognitivas y emocionales de agresividad (Cerezo et al., 2016).

Gran parte de los estudios antes citados que abordan CE fueron realizados con un enfoque cuantitativo y tradicional; sin embargo, la actividad emocional suele ser subyacente a la objetividad de los métodos tradicionales de evaluación, por lo que se pierde valiosa información tratando los datos desde esta postura (Cubero et al., 2018). En atención a esta crítica, Godoy et al. (2018) indagaron la subjetividad en los procesos educativos actuales y concluyeron que los espacios de aprendizaje deberían enfocarse en conocer a los estudiantes de manera integral; sin embargo, éstos se encuentran sometidos a regímenes conductuales que no permiten saber qué piensan, creen y perciben los jóvenes. Lo anterior complica

la comprensión de su realidad y retarda la evolución en el estado del conocimiento sobre los fenómenos emocionales que experimentan (Berger et al., 2009).

Con lo anterior se pone en evidencia la necesidad de contar con estudios que analicen de forma más subjetiva, sin perder la rigurosidad científica, las conductas de los jóvenes en relación con sus emociones. El presente estudio tiene como objetivo conocer y analizar a profundidad las prácticas de CE que utilizan los universitarios desde un enfoque cualitativo, con base en la teoría fundamentada.

Metodología

El presente estudio tiene un enfoque cualitativo con base en la teoría fundamentada, la cual consiste en desarrollar una teoría basándose en la recolección y el análisis sistemático de datos empíricos (Glaser y Strauss, 1967; Charmaz, 2006; Palacios-Rodríguez, 2019). Los datos emergentes permiten estructurar un cuerpo teórico que permite entender mejor el fenómeno que se estudia, así como sus partes constitutivas (Strauss y Corbin, 2002).

Participantes

La selección de los participantes fue mediante un muestreo propositivo (Mendieta Izquierdo, 2015). Se tuvo una muestra de veinte estudiantes que participaron en entrevistas semiestructuradas y diecinueve estudiantes diferentes que participaron en grupos focales, lo cual dio un total de 39 estudiantes universitarios, dividido en veinte mujeres y diecinueve hombres con edades de 18 a 26 años ($M = 20.82$; $DE = 2.470$).

El estudio tuvo lugar en una universidad pública del sur del estado de Sonora, México; como criterio de inclusión, los participantes tenían que estar inscritos en una institución educativa de nivel superior y estar dispuestos a contestar las preguntas. Asimismo, se llevó a cabo el protocolo de protección de datos personales y confidencialidad para salvaguardar la integridad de los participantes. Antes de implementar cualquier técnica, se pidió a cada uno de los participantes firmar el documento de consentimiento informado, en donde se incluían las especificaciones e implicaciones del estudio.

Técnica de recolección de datos

En una primera etapa, se utilizaron entrevistas semiestructuradas con final abierto (Hammer y Wildavsky, 1990). Esta dinámica se implementó con veinte participantes universitarios, con el objetivo de conocer y explicar cuáles son las prácticas de CE. Esta técnica se caracteriza por tener una estructura provisional, en donde el investigador debe estudiar a profundidad el fenómeno para probar las diversas preguntas que le llevarán a los resultados más reveladores. La guía provisional se basó en el modelo de CE de Bisquerra Alzina y Pérez Escoda (2007), el cual se integra por cinco factores: conciencia emocional, regulación emocional, autonomía

Tabla 1
Factores emocionales y preguntas aplicadas en las entrevistas

Factores	Preguntas
<i>Conciencia emocional</i>	¿Cómo te das cuenta cuando estás triste, feliz o enojado? ¿Podrías platicarme el último momento de mucha tristeza o enojo?
<i>Autonomía emocional</i>	¿Crees que los demás influyen en tu estado de ánimo? ¿Te has faltado el respeto a ti mismo con tal de no perder a alguien?
<i>Regulación emocional</i>	¿Qué estrategias utilizas para sentirte mejor de tus emociones? ¿Has actuado impulsivamente en alguna situación?
<i>Competencia social</i>	¿Qué harías si un amigo tuyo se siente muy mal por una situación personal? ¿Cómo te das cuenta cuando una persona está molesta?
<i>Competencias para la vida y el bienestar</i>	¿Qué estrategias utilizas para sentirte mejor de tus emociones? ¿Te has sentido cansado de la vida alguna vez? ¿Qué haces en esos momentos?

emocional, competencia social y competencias para la vida y el bienestar. Los cuestionamientos quedaron estructurados de la siguiente manera (tabla 1):

Después de realizar el primer análisis de datos con las preguntas anteriores, se procedió a integrar distintos grupos focales con diecinueve participantes universitarios. Con ello se buscó identificar actitudes, sentimientos, creencias, experiencias y reacciones en los participantes para profundizar en el fenómeno desde otra perspectiva (Gibb, 1997).

Para asegurar la validez y confiabilidad del estudio se utilizó la técnica de validación de participantes (*member checking*) y la triangulación de la información a partir de la interpretación de los datos, la cual consiste en realizar una entrevista a los participantes para sustentar, confirmar y fortalecer la categorización que surge del último análisis de datos (Birt et al., 2016).

Procedimiento de acceso al campo

Se localizó a personas que fueran estudiantes universitarias y se les invitó de manera presencial a participar en un estudio cualitativo para explorar y comprender las prácticas de CE con las que cuentan los universitarios. Posteriormente, se buscó un lugar adecuado para aplicar las entrevistas. Se citó a los estudiantes en un horario en el que investigador y participante coincidieran. Ya en la reunión, se firmaron los consentimientos informados y se realizó el mismo procedimiento con cada uno de los participantes. Después de esto se aplicaron las entrevistas y se grabaron las respuestas, luego se transcribieron y, finalmente, se llevó a cabo el primer análisis de datos. Después de que surgieran los primeros resultados, se invitó a participar a otros estudiantes universitarios para formar distintos grupos focales, los cuales quedaron integrados de la siguiente manera:

Grupo 1: 6 participantes

Grupo 2: 6 participantes

Grupo 3: 7 participantes

Total: 19

La selección de estos participantes se realizó mediante un muestreo propositivo (Mendietta Izquierdo, 2015) y se tomaron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- a. Participar de manera voluntaria, previa firma del consentimiento informado.
- b. Alumnos inscritos y activos en la educación universitaria.
- c. Mayores de 18 años de edad.

Como criterio de exclusión, no se permitió la participación de menores de edad. La dinámica se llevó a cabo en las instalaciones de una institución de educación superior, en un ambiente propicio para suscitar confianza en el grupo. El grupo focal sufrió algunas modificaciones en las directrices de las temáticas, con el fin de promover la discusión y enriquecer la investigación. La dinámica inició con la siguiente pregunta detonadora: ¿Qué sueles hacer cuando te sientes molesto, triste, con miedo o estresado? Trata de explicar a detalle y de forma específica las conductas que realizas ante cada emoción. Podrías ayudarte contando una experiencia o situación en la que hayas sentido cualquiera de esas emociones.

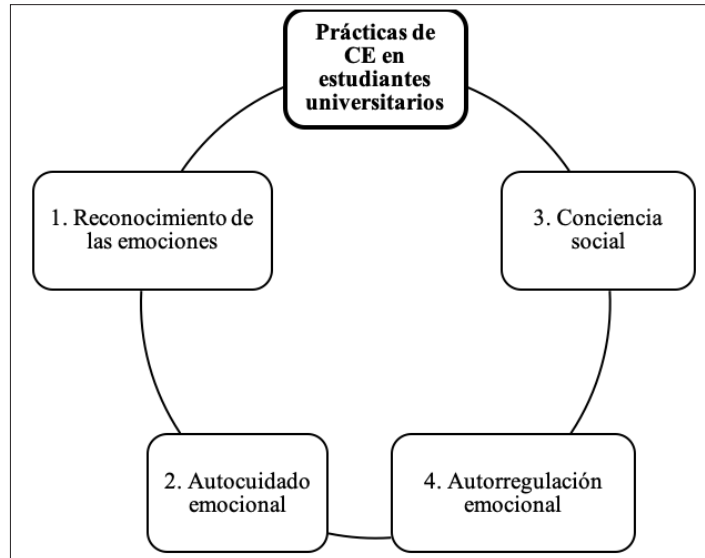
Posterior al grupo focal, en otro momento, se utilizó la técnica de validación de participantes (*member checking*). Para ello, se realizó una entrevista individual, con lo cual se hizo nuevamente un muestreo de forma propositiva. Se entrevistó a cinco estudiantes que participaron en la entrevista semiestructurada y a seis que participaron en los diferentes grupos focales, lo que dio un total de veintidós estudiantes (doce mujeres y nueve hombres).

Estos estudiantes fueron los que se encontraban en disposición de realizar la entrevista y a ellos se les presentaron los resultados finales, es decir, las categorías que se formaron a partir de la interpretación del investigador. Esta técnica sirve para fortalecer la credibilidad y validez interna del estudio, pues al hablarse de una investigación cualitativa, el investigador puede sesgar su interpretación con prácticas, percepciones o significados propios (Yin, 2014). Por ello, el devolver los hallazgos a los participantes para verificar el análisis realizado por el investigador permite aumentar la objetividad y la veracidad de las categorías (Candela, 2019).

Resultados

A continuación se presenta la clasificación de las prácticas de CE a partir de la primera técnica aplicada de recolección de datos (entrevistas semiestructuradas con final abierto), es decir, a partir del primer análisis de datos. La categoría uno (reconocimiento de emociones) hace referencia a las estrategias cognitivas que utilizan los estudiantes para reconocer, diferenciar y nombrar sus emociones. La categoría dos (autocuidado emocional) habla de la importancia del cuidado y respeto de las propias emociones. La categoría tres (autorregulación emocional) se refiere a las conductas adaptativas que emplean los universitarios para reducir el impacto negativo de las emociones displacenteras, como las actividades recreativas y el uso de recursos cognitivos, por ejemplo, pensamientos positivos acerca

Figura 1
Categorías de competencias emocionales
a partir de las entrevistas a profundidad con final abierto



Fuente: elaboración propia.

de las circunstancias. Finalmente, la categoría cuatro (conciencia social) aborda las prácticas de apoyo hacia los otros y la expresión emocional (figura 1).

En la figura 2 (p. 12) se presentan las categorías resultantes después de la realización del grupo focal y de la aplicación de la técnica de validación de participantes (*member checking*). Se observan algunos cambios respecto a las primeras categorías emergentes. A continuación se describe cada una de ellas:

Fisiología de las emociones

Se refiere a la capacidad que tienen los estudiantes para reconocer y nombrar las emociones mediante la aparición de alteraciones físicas o el cambio en el aspecto físico en general. En el discurso de los participantes se identificó que, gracias al cambio en el tono de voz, la sudoración, la sensación de desgaste, entre otros, lograban identificar y diferenciar los estados de ánimo. De esta categoría surgen dos subcategorías:

Intrapersonal: hace referencia a la identificación y diferenciación de emociones propias mediante las alteraciones físicas:

Estoy triste, me siento cansada, no quiero salir de mi casa, a veces me siento como si el cuerpo me doliera, los ojos irritados (P1CE1). Cambia mi aspecto, la cara, las facciones, el

tono de voz (P4CE10). Gestos en el rostro y me doy cuenta porque trato de disimularlo (P4CE13). Mi físico me delata casi siempre (P4CE14). Lo que sucede con mi cuerpo me dice que algo está pasando con mis emociones (P6CE15). Con el tiempo he sabido que cuando comienzo a sudar es porque estoy nervioso y casi siempre me pasa en situaciones en donde tengo miedo de algo (P10CE16).

Interpersonal: hace referencia a la identificación y diferenciación de las emociones de terceros mediante las alteraciones físicas:

El contacto visual es importante (P1CE2). La manera en cómo responde, tono de voz, entre otras (P2CE5). Tono de voz cambia, semblante y su mirada (P3CE8). Sé que estoy mal porque se me dificulta hacer las cosas más sencillas (P4CE9). Su aspecto cambia y la mirada de las personas (P4CE12). Cuando alguien comienza a actuar de manera distinta a lo normal uno se da cuenta que algo pasa con las emociones del otro (P12CE17).

Racionalización de las emociones

Es la competencia de los estudiantes para reconocer, nombrar y comprender los fenómenos emocionales, mediante un proceso de análisis de experiencias previas y la percepción de la propia personalidad. De esta categoría surgen dos subcategorías:

Reflexión: se refiere al análisis que realiza el estudiante de las situaciones personales, con el fin de reconocerlas, nombrarlas y comprenderlas:

Tomé la decisión de sentirme mejor, fue como un proceso cognitivo y emocional (P3RE13). A veces es mixto, una combinación de coraje, tristeza y decepción (P4CE11). Cuando me siento triste prefiero llorar y cuando me siento enojada sólo guardo silencio (P2CE3). Me estreso cuando no tengo el control de mi realidad (P3CE7).

Subjetividad: se refiere a la capacidad del estudiante para reconocer, nombrar y comprender las emociones, mediante un análisis de la propia personalidad, el aprendizaje que se genera ante experiencias previas y el autoconocimiento:

Es que creo que cada quien tiene su propia manera de sentir, pues la manera en cómo enfrento las emociones yo no van a ser las mismas que otra persona. Es lo mismo para poder reconocerlas: influye tu historia personal (P10CE8). Las experiencias negativas que viví afectan en mis relaciones, emociones y decisiones (P6CS13).

Autorregulación

Esta categoría se refiere a las estrategias cognitivas o conductuales de los estudiantes para regular sus propias emociones, al mantener un estado emocional positivo. Estas estrategias buscan reducir el impacto emocional negativo de las situaciones adversas a las que se puede enfrentar la persona en las distintas áreas. De las estrategias de autorregulación surgieron tres subcategorías:

Espiritualidad: se refiere a un recurso de apoyo intrapersonal que se utiliza para enfrentar situaciones emocionales adversas. Permite mejorar el control de impulsos, manejo de responsabilidades y tranquilidad emocional:

Me ayudó mucho las creencias personales que tengo acerca de Dios (P3RE11). La fe que le puse a mi oración y hablar y hablar con Dios hizo que comenzara a sentirme mejor, libre con energía y con fuerzas (P3RE14). Creo que mi cercanía con Dios en los peores momentos me ha ayudado a controlarme o a no hacer cosas que afecten a los demás o a mí mismo. Si algo recomendaría yo a los demás en el control de sus emociones sería el estar en constante contacto con Dios (P10RE34). Para el ser humano es importante creer en algo porque cuando la realidad se pone dura, el sentimiento de fe es el que te sostiene (P11RE35).

Actividades recreativas: se refiere a las estrategias conductuales que se realizan con el fin de regular las emociones negativas y enfrentarlas de mejor manera. Algunos ejemplos son la actividad física, lectura, actividades relacionadas con el arte y la cultura, como la danza, pintura, escritura, entre otras:

Me hace sentir relajada el hacer ejercicio (P1RE1). Tengo estrategias de socialización que me ayudan a regularme (P1RE2). Invitarlos a actividades recreativas (P3CS7). Cuando estoy triste escucho música, hacer ejercicio, leo un poco (P5RE25). Toco la guitarra y salgo con amigos a veces (P5RE29). Algo que me ayudó mucho fue escuchar música (P5RE31). La organización es una buena estrategia para no estresarte (P3RE6). Me ayudó mucho la lectura (P3RE7). Intentaba sentirme mejor haciendo ejercicio y leyendo (P3RE9). Creo que me ha ayudado mucho el distraerme haciendo ejercicio y formar grupos gracias al deporte. Cuando estoy haciendo eso siento que mis emociones están más controladas (P11RE36).

Expresión: es una estrategia de autorregulación emocional que consiste en comunicar los sentimientos que se presentan ante una situación de movimiento emocional. Incluye actividades como platicar con algún familiar, amigo o persona de confianza:

Cuando estoy enojada suelto alguna grosería porque no me puedo controlar (P2RE3). Ir a terapia me ayudó a desahogarme (P2RE4). Digo groserías cuando el enojo me sobrepasa (P2RE5). Buscar a alguien para desahogarte ayuda mucho (P3RE8). No puedo quedarme callada, no importa quien sea, le tengo que decir lo que pienso (P4RE16). Cuando estoy enojada puede que le grite a la persona y sea grosera (P4RE17). Cuando estoy triste intento hablar, pero casi siempre termino llorando (P4RE1).

Aceptación de las emociones

Capacidad de los estudiantes para aceptar tanto las emociones positivas como las negativas y atenderlas mediante un proceso de afrontamiento. Esta categoría se crea bajo la premisa de que, ante una aceptación de emociones negativas, se disminuye su intensidad y duración. Evasión: se refiere a todas aquellas estrategias cognitivas o conductuales que el individuo emplea para no hacerle frente a las emociones negativas, entre las cuales se incluye el uso de sustancias, postergar conductas, salidas a fiestas, entre otras:

Antes solía escribir poemas para desahogarme, pero ahora sólo salgo para distraerme (P5RE30). Empecé a salir mucho y a tener amistades malas con tal de pertenecer y eso me afectó mucho, para mal (P6RE21). Salgo a tomar con mis amigos también cuando me siento mal (P5RE28). Si me siento mal o enojado, tiendo a beber demasiado, y me doy cuenta al día siguiente con la resaca (P5RE33). Si me siento mal uso algunas sustancias para calmarme, como el tabaco (P5RE27). Descargo mi enojo con personas que no tienen nada que ver en mi problema (P4RE1). Creo que una de las cosas que me ha funcionado bastante es el salir a tomar con mis amigos o el no hacerle caso a lo que me está pasando. A veces me pregunto si está bien porque al día siguiente no se siente tan bien, pero igual no he podido dejar de hacerlo (P12RE37).

Afrontamiento: capacidad de hacerle frente a las situaciones emocionales adversas y no utilizar estrategias cognitivas o conductuales para evadirlas:

Después de haber hablado las cosas de una buena manera, me reintegré a mis actividades, hablé con mis padres y obtuve su apoyo (P3RE15). Cuando se relaciona con cuestiones personales creo que es importante hablar las cosas porque si no las enfrentas se van acumulando (P4RE22). Cuando pienso las cosas y las enfrento creo que todo resulta ser mejor; me siento mejor después de enfrentarlo o hablarlo (P4RE24). Creo que uno no se puede mentir a uno mismo respecto a cómo se siente; quizás uno pueda evadirlo, pero el cuerpo nunca miente y tarde o temprano te recuerda lo que anda mal o lo que no has atendido de tus emociones (P5RE26).

Empatía

Estrategias que utilizan los estudiantes universitarios para apoyar a los demás para que mejoren su estado de ánimo. Esto implica dominar habilidades como la comunicación efectiva, respeto, asertividad, entre otras. Esta competencia fomenta la capacidad de compartir emociones, la cooperación en eventos grupales y la solución de conflictos mediante la gestión de situaciones emocionales:

Escucha activa: capacidad de la persona para mantener una atención prolongada al discurso del otro y poder dar una opinión sobre ello:

Trataría de hablar con él, pero sin presionarlo (P1CS2). El problema se solucionó hasta que me acerqué y hablé con él (P2CS3). Lo escucharía y hablaría con él (P2CS4). Trato de escucharlo (P3CS5). Hablarlo te ayuda a ver otras posibilidades de solución (P3CS6). Si es alguien cercano, platico con ella para que vea la situación desde otra perspectiva (P4CS10). Trato de no opinar mucho sobre lo que me están contando pues solamente ellos saben por lo que están pasando, es más solamente escuchar lo que tiene para decir, que se desahoguen (P9CS15).

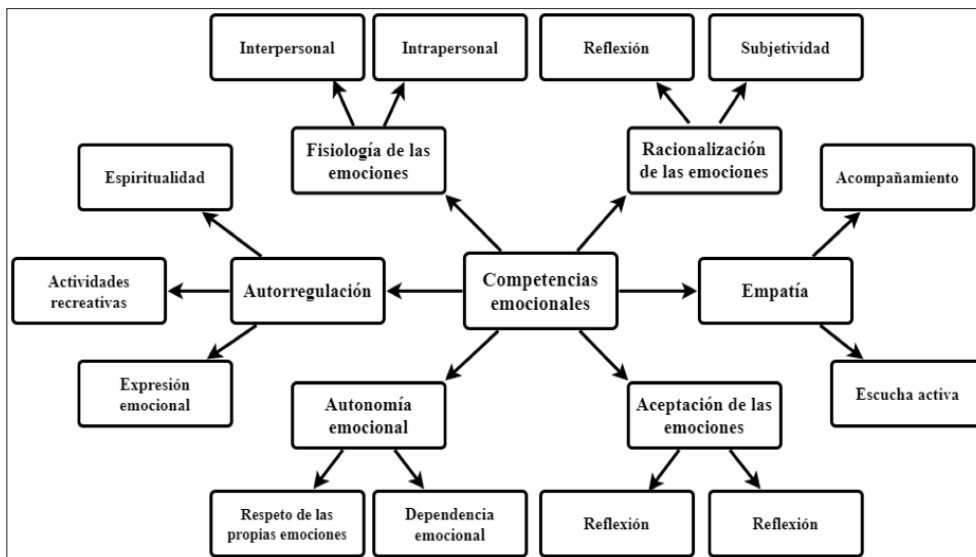
Acompañamiento: estrategia para generar empatía que consiste en acompañar a la persona en situaciones adversas o conflictos intrapersonales:

Fue un momento difícil, pero acepté el apoyo de un amigo y eso ayudó (P1CS1). Las personas de la iglesia se supone que deben ayudarte y te hacen sentir peor porque te juzgan. Eso hizo que yo dejara de ir o me relacionara con más gente. A veces ni si quiera necesito que me den cosas o me escuchan, simplemente que me acompañen o estén conmigo (P3CS8). Acompañar y desahogarse es lo más importante (P4CS11). Si se sienten mal los invito a salir y espero a que quieran hablarlo, no los fuerzo, simplemente acompañarlos en ese proceso es lo más importante (P8CS14). Si ellos me piden ayuda claro que se las doy y trato de apoyar en lo que se pueda, pero no creo que dar consejos sirva de mucho; trato de acompañar, eso es lo más importante o lo que más necesita uno en ese tipo de momentos (P12CS18).

Autonomía

Competencia para autogestionar los fenómenos emocionales sin importar la opinión negativa de agentes externos hacia la persona. Implica tener la autoridad de elegir sentirse como uno desea de una manera responsable y sin dañar a otros. Esto incluye dos subcategorías:

Figura 2
Modelo integrado de categorías finales de competencias emocionales



Fuente: elaboración propia.

Respeto de las propias emociones: se refiere a la habilidad de los estudiantes de cuidar de su propio estado de ánimo. Se relaciona con la seguridad en sí mismo, el poseer una identidad propia y mantenerla en los diferentes contextos en los que se desenvuelven:

No, siempre que comienza a pasar eso, trato de ponerle bien a esa relación (P4AE11). Gracias a que sé quién soy puedo tener autonomía (P5AE14). No me respetaba con tal de pertenecer a algún grupo (P5AE15). Sí, trato de no darle mucha importancia a lo que los demás dicen, porque ¿imagínate si lo hiciera?, ¿qué respeto tendría de mí mismo? (P4AE12).

Dependencia emocional: si bien esta subcategoría no es una competencia en sí, es un aspecto importante que los estudiantes expresan en el discurso. Esto implica que tienden, en algunas situaciones, a ser incapaces de tener autoridad sobre sus emociones, ya que el estado de ánimo está controlado por otras personas con tal de no tener conflictos, de no perder alguna relación sentimental o de amistad, o de pertenecer a algún grupo:

Siento lo que el otro está sintiendo (P2AE3). El miedo de perderlo me hacía soportar el daño que me hacía (P2AE4). Siento que soportaba todo eso porque sentía que lo quería mucho (P2AE5). Me sentía cómoda en su familia, por eso no lo terminaba (P2AE6). Sentir lo que otros sienten con exceso afecta porque te preocupas por algo que no es tuyo (P3AE7).

Cuando una persona estaba enojada conmigo yo también me enojaba. Si mi familia me dice algo malo o mis amigos de confianza sí me afecta mucho (P4AE10). Sientes que tus emociones te controlan, dependiendo de las personas que vengan (P4AE13). Me drogaba y bebía alcohol porque todos lo estaban haciendo (P5AE16). Con tal de que ella no se alejara de mí, permitía que me faltara el respeto (P5AE17).

Discusión y conclusiones

Existe consenso en investigación psicológica y educativa acerca de la necesidad de favorecer el desarrollo emocional en todos los contextos, así como la emergencia de nuevos marcos conceptuales (Berger et al., 2009). Un modelo precursor y ampliamente estudiado y aceptado por la comunidad científica es el de Bisquerra Alzina y Pérez Escoda (2007), quienes incluyen la conciencia social, regulación emocional, autonomía, conciencia social y competencias para la vida y el bienestar.

En su conceptualización, manejan la conciencia emocional de manera muy amplia en cuanto al reconocimiento de las emociones. En contraste con lo encontrado en este estudio, se individualiza el proceso de reconocimiento de las emociones en dos categorías: fisiología de las emociones y racionalización de las emociones. De este reconocimiento se desprende la subjetividad, ya que la propia perspectiva de los fenómenos emocionales que surge de las experiencias previas y los aprendizajes generados es esencial para reconocer y comprender emociones propias y de los demás; son el primer paso para la comprensión de fenómenos emocionales.

En este sentido, Saarni (1999), pionera en el tema de las CE, en su modelo habla de la capacidad para diferenciar la experiencia emocional subjetiva interna de la expresión externa, lo cual pareciera estar relacionado. La misma autora incluye en su modelo la autoeficacia emocional, la cual pudiera semejarse a la categoría de autonomía, encontrada en el presente estudio; sin embargo, la dependencia emocional como subcategoría es un aspecto no mencionado anteriormente en prácticas de CE.

En su modelo de CE, Repetto Talavera y Pena Garrido (2010) presentan siete factores: autoconciencia, autorregulación, empatía, asertividad, motivación, trabajo en equipo y resolución de conflictos. Si bien algunos aspectos se relacionan en nomenclatura con lo encontrado, contrastan en su profundidad, ya que este modelo tiene bases en el constructo de inteligencia emocional (IE) y hay evidencias de la diferenciación entre IE y CE (Fragoso-Luzuriaga, 2015). En el presente estudio se buscó tener en cuenta esta diferenciación para evitar futuras confusiones metodológicas y teóricas.

Los autores mencionados no toman en cuenta la aceptación de las emociones como elemento primordial de las CE, ya que, para afirmar que un estudiante cuenta con CE, es necesario que pueda aceptar tanto emociones positivas como negativas, puesto que, si no lo hace,

no podrá llegar a su expresión ni a su correcta regulación. Esto concuerda con lo planteado por Berger et al. (2009), quienes recomiendan incentivar la aceptación y la expresión de todo tipo de emociones en los ambientes escolares, ya que el sistema educativo tradicional tiende a evadir o negar la experiencia emocional.

Un recurso emocional que utilizan los universitarios y que estuvo presente en la mayoría de los participantes fue el aspecto de espiritualidad y prácticas relacionadas con ello, como la expresión de emociones a un ser superior, lo que generaba cierto grado de tranquilidad y producía un mejor manejo de las emociones. Este aspecto ha sido estudiado de manera independiente, pero no ha sido incluido dentro del marco conceptual de las CE.

Por otro lado, el significativo desarrollo científico y tecnológico que presenta la sociedad actual ha producido diferentes retos y cambios en la realidad interna y externa de las personas, los cuales han tenido poco o casi nulo acompañamiento para el desarrollo de habilidades y competencias orientadas a favorecer una convivencia social más justa y armónica.

La capacidad de afrontar situaciones difíciles aumenta cuando se comprenden las emociones involucradas y sus efectos en el accionar, pues esto hace que las personas con CE estén protegidas ante situaciones negativas y disfruten más en las positivas. Asimismo, en la adultez emergente, la autonomía y los procesos de autorregulación tienden a ser cruciales en el desarrollo integral y profesional de los universitarios. Además, previenen el padecimiento de trastornos del estado de ánimo o de conducta (Pérez-Escoda et al., 2018).

Es pertinente tener en consideración algunas limitaciones del estudio. Al ser abordada una temática de cuestiones psicológicas, es posible que se necesiten más técnicas de recolección de datos para complementar la información recabada y lograr una mayor comprensión del fenómeno. Además, se pone en consideración para futuras investigaciones añadir más técnicas de validez y confiabilidad de la información, así como incrementar la muestra y tomar en cuenta el tipo de institución educativa.

Se hace un importante énfasis en la recomendación a las instituciones educativas de nivel superior de ampliar la perspectiva del proceso enseñanza-aprendizaje e incluir en éste las CE desde el inicio de la universidad hasta su culminación, puesto que las prácticas de CE se reflejan en todos los ámbitos de la persona. De igual manera, sería pertinente incentivar la investigación que esclarezca el funcionamiento de cuestiones emocionales en el contexto educativo, así como generar métodos de evaluación válidos y confiables para identificar el grado de CE que poseen los estudiantes, y con ello, visualizar las áreas a mejorar. Finalmente, se recomienda indagar en las creencias o percepciones hacia las CE de todo el contexto escolar, es decir, también en profesores, autoridades educativas y padres de familia.

Referencias

- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (2000). *La educación superior en el siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo. Una propuesta de la ANUIES*. ANUIES. <http://planeacion.uaemex.mx/InfBasCon/LaEducacionSuperiorenelSigloXXI.pdf>
- Bar-On, R. (2010). Emotional intelligence: An integral part of positive psychology. *South African Journal of Psychology*, 40(1), 54-62. <https://doi.org/10.1177/008124631004000106>
- Berger, C., Milicic, N., Alcalay, L., Torretti, A., Arab, M. P. y Justiniano, B. (2009). Bienestar socio-emocional en contextos escolares: la percepción de estudiantes chilenos. *Estudios sobre Educación*, 17, 21-43. <https://doi.org/10.15581/004.17.22422>
- Birt, L., Scott, S., Cavers, D., Campbell, C. y Walter, F. (2016). Member checking: a tool to enhance trustworthiness or merely a nod to validation? *Qualitative Health Research*, 26(13), 1802-1811. <https://doi.org/10.1177/1049732316654870>
- Bisquerra Alzina, R. y Pérez Escoda, N. (2007). Las competencias emocionales. *Educación XXI*, 10, 61-82. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70601005>
- Bisquerra Alzina, R. y Pérez Escoda, N. (2012). Educación emocional: estrategias para su puesta en práctica. *Avances en Supervisión Educativa. Revista de la Asociación de Inspectores en Educación en España*, 16, 1-11. <https://avances.adide.org/index.php/ase/article/view/502/342>
- Boyatzis, R., Goleman, D. y Hay Group (2011). *Emotional and social competency inventory (ESCI). A user guide for accredited practitioners*. Hay Group. https://www.eiconsortium.org/pdf/ESCI_user_guide.pdf
- Candela, A. G. (2019). Exploring the function of member checking. *The Qualitative Report*, 24(3), 619-628. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2019.3726>
- Cejudo, J. (2017). Efectos de un programa de mejora de la inteligencia emocional sobre el ajuste psicosocial y el rendimiento académico en educación primaria. *Infancia y Aprendizaje*, 40(3), 503-530. <https://doi.org/10.1080/02103702.2017.1341099>
- Cerezo, M. T., Carpio, M. V., García, M. C. y Casanova, P. F. (2016). Relaciones entre inteligencia emocional, agresividad y satisfacción vital en universitarios. En J. L. Castejón-Costa (ed.). *Psicología de la educación: presente y futuro* (pp. 1311-1319). ACIPE. <http://hdl.handle.net/10045/63969>
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory. A practical guide through qualitative analysis*. SAGE.
- Cobos-Sánchez, L., Fluja-Contreras, J. M. y Gómez-Becerra, I. (2017). The role of emotional intelligence in psychological adjustment among adolescents. *Anales de Psicología*, 33(1), 66-73. <https://revistas.um.es/analesps/article/view/analesps.33.1.240181>

- Cubero, J., Carvalho, J. L., Casas, L. M. y Luengo, R. (2018). Actualidad en investigación mediante análisis cualitativo y mixto. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 37(1), 1-4. https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/7942/1/0213-9529_37_1_1.pdf
- De la Barrera, U., Schoeps, K., Gil-Gómez, J. A. y Montoya-Castilla, I. (2019). Predicting adolescent adjustment and well-being: the interplay between socio-emotional and personal factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 110-125. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234650>
- Fragoso-Luzuriaga, R. (2015). Inteligencia emocional y competencias emocionales en educación superior, ¿un mismo concepto? *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(16), 110-125. <https://doi.org/10.1016/j.rides.2015.02.001>
- García Bravo, L., Naissir, L., Contreras, C. y Moreno, A. (2015). El estado emocional y el bajo rendimiento académico en niños y niñas de Colombia. *Avances en Psicología*, 23(1), 103-113. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.175>
- Gibb, A. (1997). Focus group. *Social Research Update*, 5(2), 1-8. https://openlab.citytech.cuny.edu/her-macdonaldsbs200ofall2015b/files/2011/06/Focus-Groups_Anita-Gibbs.pdf
- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *El desarrollo de la teoría fundada*. Aldine.
- Godoy, A., Hidalgo, F. y Marazzi, V. (2018). La(s) subjetividad(es) como insumo para el diseño de nuevos paradigmas educativos. Una reseña de *Lecciones a mí mismo, vida y universidad*, de Luis Porter (2017). *Educación, Formación e Investigación*, 4(6), 180-184. https://dges-cba.edu.ar/wp/wp-content/uploads/2022/04/Revista_EFI_06-2018.pdf
- Hammer, D. y Wildavsky, A. (1990). La entrevista semi-estructurada de final abierto. Aproximación a una guía operativa. *Historia y Fuente Oral*, 23-61. <https://www.jstor.org/stable/27753290>
- López-Cassá, E., Pérez-Escoda, N. y Alegre, A. (2018). Competencia emocional, satisfacción en contextos específicos y satisfacción con la vida en la adolescencia. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 57-73. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.36.1.273131>
- Márquez-Cervantes, M. C. y Gaeta-González, M. L. (2018). Competencias emocionales y toma de decisiones responsable en preadolescentes con el apoyo de docentes, padres y madres de familia: Un estudio comparativo en estudiantes de 4º a 6º año de educación primaria en España. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), 1-25. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.22-1.9>
- Mayer, J. D. y Salovey, P. (1997). What is emotional intelligence? En P. Salovey y D. J. Sluyter (eds.). *Emotional development and emotional intelligence: educational applications* (pp. 3-34). Basic Books. https://scholars.unh.edu/psych_facpub/422/
- Mendieta Izquierdo, G. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina*, 17(30), 1148-1150. <https://www.redalyc.org/pdf/2390/239035878001.pdf>

- Palacios Rodríguez, O. A. (2019). La teoría fundamentada: origen, supuestos y perspectivas. *Intersticios Sociales*, 22, 47-70. <https://www.redalyc.org/journal/4217/421769000003/html/>
- Pérez-Escoda, N. y Alegre, A. (2016). Does emotional intelligence moderate the relationship between satisfaction in specific domains and life satisfaction? *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 16(2) 131-140. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5679363>
- Pérez-Escoda, N., Filella, G., Alegre, A. y Bisquerra, R. (2018). Desarrollo de la competencia emocional de maestros y alumnos en contextos escolares. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 10(28), 1183-1208. <http://ojs.ual.es/ojs/index.php/EJREP/article/viewFile/1530/1862>
- Pérez-Escoda, N., Filella Guiu, G., Soldevila Benet, A. y Fondevila, A. (2013). Evaluación de un programa de educación emocional para profesorado de primaria. *Educación XXI*, 16(1), 233-254. <https://doi.org/10.5944/educxx1.16.1.725>
- Repetto Talavera, E. y Pena Garrido, M. (2010). Las competencias socioemocionales como factor de calidad en la educación. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(5), 82-95. <http://rinace.net/reice/numeros/arts/vol8num5/REICE,%20Vol%208,5.pdf#page=83>
- Ros Morente, A., Filella Guiu, G., Ribes Castells, R. y Pérez Escoda, N. (2017). Análisis de la relación entre competencias emocionales, autoestima, clima de aula, rendimiento académico y nivel de bienestar en educación primaria. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 28(1), 8-18. <https://www.redalyc.org/pdf/3382/338252055002.pdf>
- Sánchez-Álvarez, N., Extremera, N. y Fernández-Berrocal, P. (2016). The relation between emotional intelligence and subjective well-being: a meta-analytic investigation. *The Journal of Positive Psychology*, 11(3), 276-285. <https://doi.org/10.1080/17439760.2015.1058968>
- Saarni, C. (1999). *The development of emotional competence*. Guilford Press.
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquía. https://books.google.com.mx/books?id=TmgvTb4tiR8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_summary_r&cad=o#v=onepage&q&f=false
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods* (5th ed.). SAGE.

ARTÍCULOS

Impacto de las actividades humanas en las interacciones entre plantas y animales: efectos en cascada

Impact of human activities on plant-animal interactions: cascading effects

Cristina Martínez-Garza

ORCID: 0000-0002-9310-564X, cristina.martinez@uaem.mx

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Laritz González-Leiva

ORCID: 0000-0001-9120-1403, lgleiva@gmail.com

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación (MBIBYC),
Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Vanelly Chávez Heredia

Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación (MBIBYC),

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Marcela Osorio Beristain

ORCID: 0000-0001-7338-1260, mosorio@uaem.mx

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIBYC),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 14/10/23. Aceptación: 22/02/24. Publicación: 12/07/24

RESUMEN

La interacción entre individuos de dos especies puede ser benéfica o perjudicial. Cuando uno se beneficia pero el otro se ve afectado se llama *depredación*. Las redes tróficas incluyen interacciones de este tipo: las plantas son consumidas por orugas, las orugas por arañas, las arañas por aves o reptiles... La modificación de una red trófica por actividades antrópicas se conoce como *cascada trófica*. En la selva seca de Morelos, las acciones de restauración han favorecido a las poblaciones de depredadores, lo que ha ayudado a restablecer las cascadas tróficas. En zonas urbanas deben existir campañas de educación ambiental sobre la separación de residuos y el manejo de mascotas, como perros y gatos, para evitar la modificación en el funcionamiento de las cascadas tróficas.

PALABRAS CLAVE

cascadas tróficas, Sierra de Huautla, subsidios energéticos

ABSTRACT

The interaction between individuals of two species can be beneficial or harmful. When one benefits but the other is affected, it is called *predation*. Trophic webs include interactions of this type: plants are consumed by caterpillars, caterpillars by spiders, spiders by birds or reptiles... The modification of a trophic web by anthropic activities is known as a *trophic cascade*. In the dry forest of Morelos, restoration actions have favored predator populations, which has helped to reestablish trophic cascades. In urban areas, there should be environmental education campaigns on waste separation and the management of pets, such as dogs and cats, to avoid modifying the functioning of trophic cascades.

KEYWORDS

trophic cascades, Sierra de Huautla, energy subsidies

Introducción

Cuando individuos de dos especies se encuentran, puede ser que su interacción beneficie o perjudique a sus poblaciones. Si la relación es benéfica para ambas especies, se considera que son mutualistas (Begon et al., 2006). Por ejemplo, la polinización es una interacción mutualista donde un polinizador (insectos, aves o murciélagos) se alimenta del polen o néctar de una planta (figura 1a, p. 3); con ello, la planta se beneficia, ya que el polinizador transporta el polen a otra planta, lo que resulta en su fertilización y, con ello, en la producción de frutos (Howe y Westley, 1988).

Cuando uno de los individuos se beneficia pero el otro se ve afectado, la interacción se llama *depredación* y puede tener varias formas; por ejemplo, cuando el depredador come una parte de las plantas sin matarlas, la interacción es llamada *ramoneo* o *herbivoría* (Howe y Westley, 1988). En cambio, cuando el depredador mata a la presa se llama *depredación verdadera*; por ejemplo, cuando un ave se come una oruga (Begon et al., 2006) (figura 1b, p. 3).

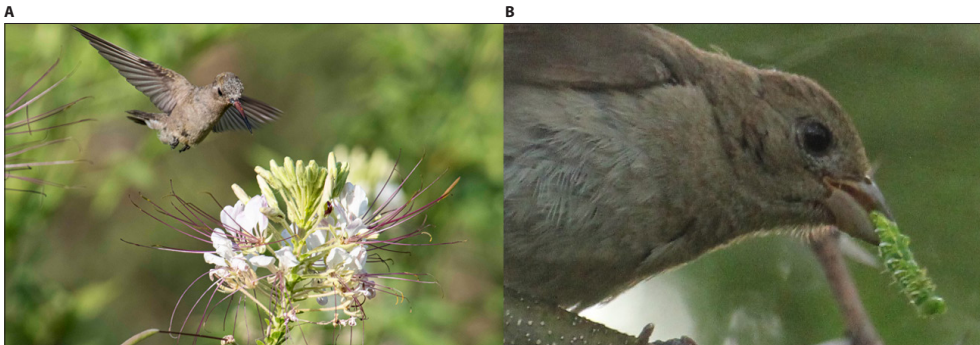
Los depredadores se pueden convertir en presas cuando son parte de una red trófica, la cual se define como un conjunto de interacciones de alimentación de varias especies (Paine, 1980). Un ejemplo de red trófica es cuando las plantas son consumidas por herbívoros, como las orugas, las cuales son depredadas por arañas, y éstas a su vez, por aves (Begon et al., 2006). En este ejemplo, la disponibilidad de nutrientes para las plantas o la densidad de aves se consideran como controles contrastantes del ecosistema (figura 2). Cuando una red trófica está regulada por la entrada de nutrientes al suelo para el crecimiento de las plantas, se trata de un *control ascendente* del ecosistema; un ejemplo es cuando la abundancia de orugas depende de la disponibilidad de las plantas que ellas consumen (Pace et al., 1999) (figura 2, p. 3).

Por otra parte, el *control descendente* se refiere a la regulación de los componentes inferiores de la red trófica por un depredador verdadero, por ejemplo, el control que los tiburones ejercen sobre los bancos de peces (Ward y Myers, 2005). Las redes tróficas de los ecosistemas, tanto marinos como terrestres, están supeditadas a ambos controles y el equilibrio de estas fuerzas puede verse afectado por las actividades humanas.

La modificación de una red trófica debido a las actividades humanas puede tener efectos en cascada. En una comunidad, la desaparición de un depredador puede aumentar la población de sus presas, que son usualmente herbívoros, lo que a su vez resulta en una disminución de plantas; este efecto se conoce como *cascada trófica* (Terborgh y Estes, 2010). Una cascada trófica simple tiene tres niveles: la especie del tercer nivel es el depredador tope, que presenta una interacción negativa con la especie del segundo nivel, el herbívoro, y ésta, a su vez, también interactúa negativamente con la especie del primer nivel, las plantas. Lo más relevante en las cascadas tróficas es que el depredador tope tiene una interacción positiva con las plantas (Paine, 1980; Carpenter et al., 1985).

Figuras 1A y 1B

- A) Colibrí en El Limón de Cuauhichinola, Sierra de Huautla, Morelos;
- B) Ave consumiendo una oruga

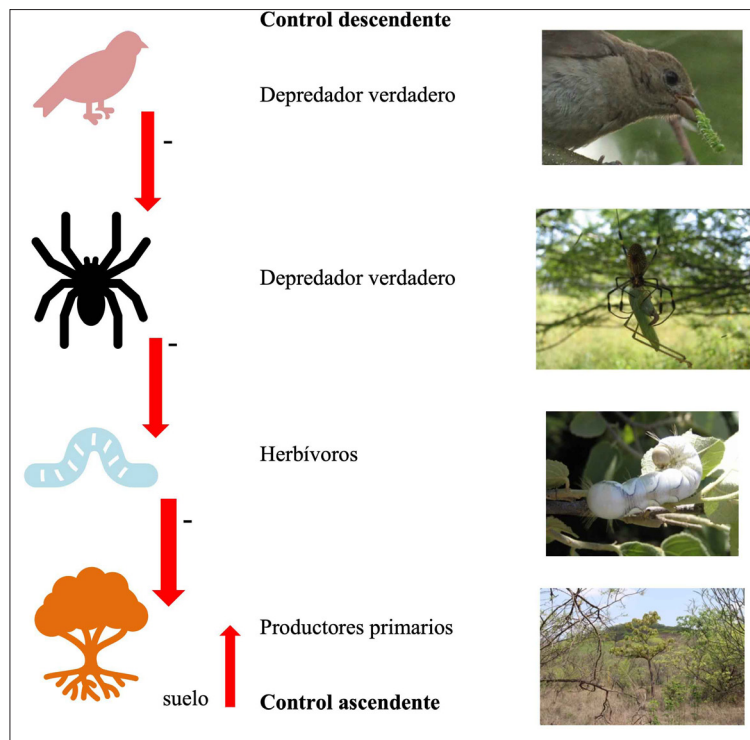


Fotos: Óscar Amaro-Flores y Lucile Dewulf.

Figura 2

Red trófica y control del ecosistema

Las plantas son consumidas por herbívoros, como las orugas; éstas son depredadas por las arañas,

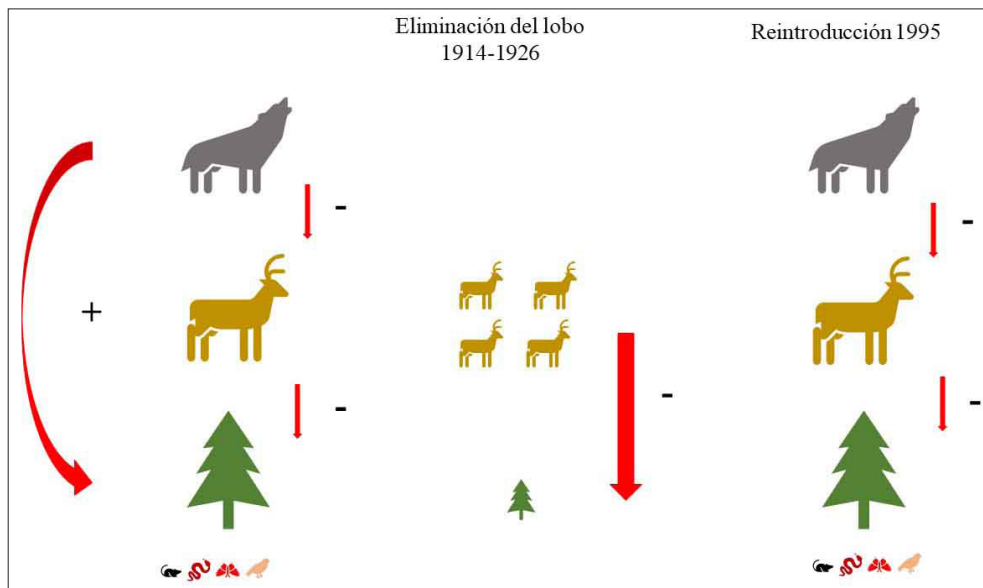


y éstas a su vez por las aves. Los signos negativos simbolizan que la especie se ve afectada.

Fotos: Iván Rivas-Herrera, Cristina Martínez-Garza y Lucile Dewulf.

Fuente: elaboración propia.

Figura 3
Cascada trófica en Yellowstone, Estados Unidos



Los signos negativos simbolizan que la especie se ve afectada, mientras que el símbolo positivo representa un beneficio para la especie.

Fuente: elaboración propia.

Además, cuando el depredador tope controla a otros depredadores, éstos son llamados *mesodepredadores*. Por ejemplo, en los ecosistemas marinos, la orca depreda a la nutria marina (mesodepredador), que consume erizos de mar, y éstos se alimentan de algas (Estes et al., 1999). En los ecosistemas marinos y terrestres, la presencia de los depredadores tope mantiene la más alta biodiversidad.

Una cascada trófica que se describió para el bosque de Yellowstone en Estados Unidos incluye el lobo, los ciervos y el bosque: el lobo es el depredador tope que mantiene controladas las poblaciones de ciervos, que son las que consumen la vegetación (Ripple y Beschta, 2003) (figura 3). Además, la sola presencia del lobo les produce estrés a los ciervos, lo que limita actividades importantes para su reproducción o sobrevivencia; este proceso es conocido como *ecología del miedo* (*sensu* Brown et al., 1999). La extinción del lobo en esta región en el periodo 1914-1926 (Weaver, 1978) provocó un aumento en las poblaciones de ciervos, que diezmaron la vegetación del bosque, lo cual afectó la riqueza de sus habitantes, como aves, roedores, reptiles e insectos (Ripple et al., 2010).

La reintroducción del lobo en 1995 resultó en una reducción de las poblaciones de ciervos, el crecimiento del bosque y la recuperación de la diversidad de animales (Ripple y Beschta,

Tabla 1

Subsidios energéticos directos e indirectos que son incorporados a las cascadas tróficas debido a actividades humanas en hábitats urbanos y rurales

Directos	Indirectos
Alimentos: basureros, composteros, alimentos para mascotas dejados en patios, derrames y residuos agrícolas, frutas y verduras sobrantes en granjas, desechos dejados por cazadores (vísceras) y animales atropellados.	Estructuras elevadas, que mejoran la calidad del hábitat y la eficiencia de caza de aves rapaces. Caminos, que proporcionan alimentos a partir de animales atropellados.

Fuente: modificado de Terborgh y Estes (2010).

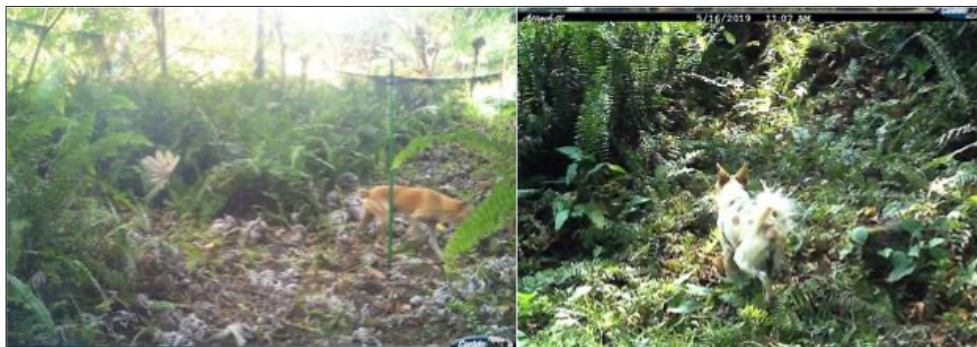
2003). El bosque provee de hábitat a una gran diversidad de fauna, por lo que el efecto negativo de los ciervos en el bosque resulta en la desaparición de esta diversidad. En este escenario, el control de las poblaciones de ciervos es la clave para la recuperación del hábitat y de la diversidad que contiene.

Las cascadas tróficas también se pueden desestabilizar debido a la entrada de energía adicional al sistema. Esta energía se denomina *subsidios energéticos* y altera la dinámica de las poblaciones de depredadores y herbívoros (Polis et al., 1997). Los subsidios se pueden clasificar en directos e indirectos (Terborgh y Estes, 2010) (tabla 1): los directos se refieren a productos orgánicos que pueden ser consumidos por mesodepredadores (Crooks y Soulé, 1999), como ratas, mapaches, zorros, zarigüeyas, gaviotas y cuervos —en los hábitats urbanos los mesodepredadores más comunes son los perros y gatos domésticos— (Crooks y Soulé, 1999).

En los hábitats urbanos y rurales, los mesodepredadores encuentran subsidios principalmente en los basureros, mientras que los animales atropellados y los desechos dejados por cazadores (vísceras) también son subsidios importantes. La basura constituye uno de los subsidios directos más fácilmente reconocibles, ya que la mayoría de los estados no cuentan con un sistema de separación de desechos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022). Esta entrada de energía adicional al sistema provoca el crecimiento exponencial de las poblaciones de mesodepredadores y la proliferación de insectos parásitos y microorganismos patógenos asociados (Mora-Reyes, 2007; Terborgh y Estes, 2010).

En la ciudad de Cuernavaca, a partir del 1 de abril de 2023 comenzó el programa de recolección de basura separada (Secretaría de Desarrollo Sustentable y Servicios Públicos, 2023). El sistema de separación de basura permite aprovechar ciertos residuos y al resto darle un tratamiento adecuado (Mora-Reyes, 2007), lo que podría disminuir el crecimiento de las poblaciones de mesodepredadores y la fauna nociva asociada. Finalmente, los subsidios indirectos se refieren a: (i) estructuras que mejoran la visión de los depredadores y (ii) las vías de comunicación donde atropellan a los animales (Terborgh y Estes, 2010) (tabla 1).

Figura 4
Perros (*Canis lupus familiaris*) detectados con cámaras-trampa en parcelas de restauración ecológica en Los Tuxtlas, Veracruz, México



Fuente: Zagal-García et al. (2022).

Para evitar que la fauna sea atropellada existen soluciones estructurales, como la señalización, los reflectores y los *pasos de fauna*; pero en la normativa oficial mexicana no existe una ley que exija su construcción (Arroyave et al., 2006; Cano Gómez, 2016; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2006). Los subsidios que se generan en las áreas urbanas y rurales, como la basura y los cadáveres de animales atropellados, afectan el funcionamiento de los ecosistemas circundantes.

El caso de las mascotas como mesodepredadores requiere de una discusión adicional. En zonas urbanas y rurales, el descontrol de las poblaciones de perros y gatos genera un problema ambiental porque ya son especies exóticas e invasoras para los ecosistemas naturales cercanos (Young et al., 2017). Actualmente, son las especies con más efectos ecológicos negativos a nivel global, entre los que se cuentan: (i) la depredación de fauna silvestre, ya que mantienen las conductas depredadoras de sus ancestros; (ii) la competencia con depredadores nativos, y (iii) la hibridación con felinos y cánidos silvestres (Driscoll et al., 2007; Gompper, 2014; Wierzbowska et al., 2016).

Por ejemplo, en Los Tuxtlas, Veracruz, en áreas donde se había excluido la ganadería extensiva por doce años para la recuperación de la vegetación, se detectaron, mediante cámaras-trampa, perros que al parecer estaban cazando fauna nativa (Zagal-García et al., 2022) (figura 4). Además, los gatos domésticos, a diferencia de los depredadores salvajes, son cazadores recreativos que alcanzan altas densidades en las zonas urbanas y rurales debido a los subsidios (Churcher y Lawton, 1987). Asimismo, aun cuando los gatos tienen dueño, al 65% se les permite salir libremente y se sabe que cazan fauna nativa (American Pet Products Association, 2017). Las mascotas prosperan en las zonas urbanas y rurales debido a los subsidios, y el efecto negativo de esta sobrepoblación puede extenderse hasta los ecosistemas naturales circundantes.

Restauración ecológica

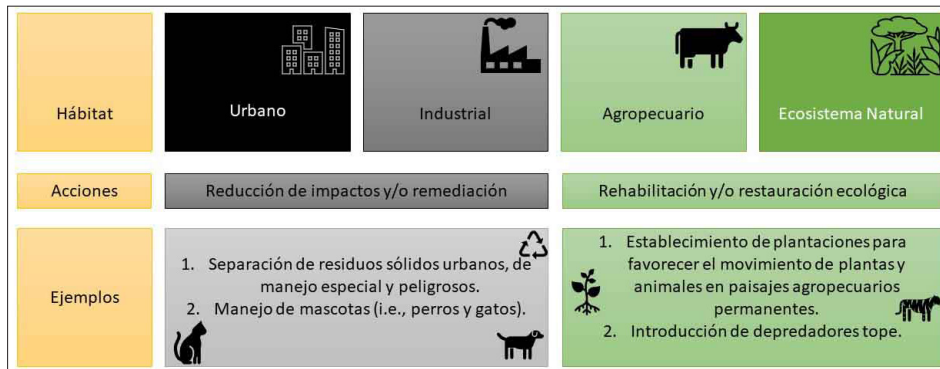
Dado que el buen funcionamiento de las cascadas tróficas depende de la presencia de los depredadores tope, su conservación es primordial. Una novedosa herramienta de conservación es la restauración ecológica que consiste en llevar a cabo acciones en ecosistemas dañados o destruidos con la meta de recuperar su diversidad y función; por otra parte, la ecología de la restauración es la ciencia que estudia los mejores tratamientos para lograr las metas de la restauración ecológica (Gann et al., 2019).

Para comenzar un proyecto de restauración, después de involucrar a todos los actores interesados, hay que evaluar las condiciones iniciales, incluyendo el potencial de recuperación natural de un hábitat: cuando éste es alto, se sugiere la intervención mínima de restauración, llamada *regeneración no asistida* (*sensu* Chazdon y Guariguata, 2016). Este nivel mínimo se refiere a detener la fuente de perturbación para favorecer que los ecosistemas se recuperen mediante procesos de sucesión natural (revisado en Martínez-Garza et al., 2021a). Por otra parte, cuando el potencial de recuperación es bajo se requiere una intervención máxima o de *regeneración asistida*, como el establecimiento de plantaciones o la reintroducción de animales localmente extintos (Gann et al., 2019). La conservación de la biodiversidad se puede favorecer mediante acciones de restauración con diferente nivel de intervención.

Después de llevar a cabo acciones de restauración enfocadas en la vegetación, existe el supuesto de que los animales y sus interacciones con las plantas se restablecerán por sí solas. La evaluación de estas interacciones permite saber si los ecosistemas han recuperado su función y no sólo los atributos estructurales, como la riqueza y abundancia de plantas y animales (Montoya, 2019). Pero pocos trabajos evalúan este aspecto de la restauración. Por ejemplo, en 2015, los países miembros de la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (SIACRE) presentaron, en su mayoría, trabajos de restauración de la estructura de comunidades vegetales, mientras que sólo un trabajo se enfocó en la recuperación de las poblaciones de fauna de una cascada trófica (Zuleta et al., 2015). También una revisión de proyectos de restauración de la selva estacionalmente seca de México reveló que menos del 10% de los proyectos evaluaban las interacciones ecológicas en ese ecosistema (Mesa-Sierra et al., 2022). Así, para concluir que un ecosistema ha sido restaurado se debe comprobar el funcionamiento de las interacciones bióticas, como las cascadas tróficas.

La reintroducción de un depredador tope puede ayudar a recuperar la función del ecosistema. En general, la reintroducción de animales extintos localmente no es una acción común debido al nivel de conocimiento que se requiere y las condiciones financieras, sociales y ecológicas particulares (Pace et al., 1999; Terborgh y Estes, 2010). En muchos casos, la extinción local de un depredador se debe a conflictos con las poblaciones humanas, y los estudios al respecto son aún escasos en México (Flores-Armillas et al., 2020).

Figura 5
Continuo de acciones restaurativas en zonas urbanas, industriales, agropecuarias y en ecosistemas naturales



Fuente: modificado de Gann et al. (2019).

Un caso de reintroducción ejemplar es el del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*): a principios de los años cuarenta, los rancheros norteamericanos, con el apoyo de su gobierno, lograron la completa erradicación de las poblaciones de este lobo en su país y para 1949 intentaron erradicar también las poblaciones sobrevivientes en México (Galindo, 2010). Afortunadamente, el gobierno mexicano declaró a la especie en peligro de extinción y se buscó restablecer las poblaciones de este depredador a partir de cinco lobos silvestres capturados en Chihuahua y Durango e individuos de zoológicos (Galindo, 2010). Actualmente, existe un plan de recuperación del lobo mexicano escrito por expertos mexicanos y norteamericanos; en el marco de ese plan hay un protocolo de rehabilitación de lobos que establece los criterios y mecanismos para el manejo de los individuos que se liberarán (López-González et al., 2018). La experiencia de reintroducción del lobo ha revelado grandes dificultades que podrían evitarse con acciones de conservación que enfatizen la importancia de estos depredadores para la salud de los ecosistemas.

La reintroducción de depredadores requiere de una evaluación de las condiciones iniciales y de las metas de restauración. En simulaciones, se ha evidenciado que la reintroducción de fauna en redes tróficas puede tener consecuencias contrastantes (García-Callejas y Torres, 2019). De acuerdo con los *Estándares de Restauración de la Sociedad Internacional de Restauración Ecológica* (Gann et al., 2019), existen actividades, llamadas *acciones restaurativas*, encaminadas a mejorar las condiciones ambientales en un gradiente de calidad del hábitat para la flora y fauna nativa (figura 5).

En un extremo de este gradiente están las zonas urbanas o industriales, donde no se pueden llevar a cabo acciones de restauración ecológica porque el ecosistema ha sido totalmente modificado, pero las acciones restaurativas podrían reducir los impactos de esta

degradación ambiental. Algunas acciones restaurativas podrían incluir la disminución de subsidios y el control de mascotas, como ya se mencionó anteriormente. En el centro de este gradiente están las áreas agropecuarias, donde se pueden realizar actividades de remediación o rehabilitación para recuperar los *beneficios de la naturaleza para las personas*, antes llamados *servicios ecosistémicos* (Díaz et al., 2015).

En el otro extremo del gradiente están los ecosistemas naturales, donde es posible realizar acciones de restauración ecológica con la meta de recuperar el ecosistema original. Ahí, la reintroducción de los depredadores para el restablecimiento de las cascadas tróficas es factible. Este hábitat puede estar en áreas naturales protegidas o pertenecer a ranchos particulares; por ejemplo, en Serengeti, África, entre 1980 y 1988, desapareció el león (*Panthera leo*) debido a la caza ilegal, lo que provocó el aumento de las poblaciones de herbívoros y afectó la vegetación. A partir 1989 se favoreció el regreso de este depredador en las reservas y en tierras privadas, lo que restableció las cascadas tróficas (Sinclair et al., 2010; Sundaesan y Riginos, 2010).

Por otra parte, en las áreas urbanas, las acciones restaurativas para disminuir los daños ambientales debido a las actividades humanas deben incluir la disminución de los subsidios energéticos, mediante el manejo de residuos y el control de la alta densidad de perros y gatos que no tienen dueño (Orduña-Villaseñor et al., 2023). Antes de intervenir en un ambiente es necesario evaluar las condiciones iniciales con la participación de todos los interesados, para determinar las acciones restaurativas más factibles de acuerdo con las metas.

Restauración de la función del ecosistema

El bosque tropical caducifolio (*sensu* Rzedowski, 2006) o selva estacionalmente seca (*sensu* Dirzo et al., 2011) es uno de los siete ecosistemas terrestres de México (Challenger y Soberón, 2008). Este ecosistema se caracteriza por una marcada estacionalidad que incluye una corta temporada de lluvias y una prolongada sequía, en la cual los árboles pierden su follaje (Rzedowski, 2006). En las selvas estacionales de nuestro país, cerca del 60% de las especies son endémicas (Rzedowski, 1991). Desafortunadamente, para 1999, a nivel nacional, sólo el 27% de la cubierta original era selva intacta (Trejo y Dirzo, 2000).

En la mayoría de las regiones del Pacífico, este ecosistema se ha transformado para uso agropecuario, por lo que muchas de las especies endémicas se encuentran en peligro de desaparecer (Blancas Vázquez et al., 2020; Maass et al., 2010). En el estado de Morelos, para 1989 sólo quedaba un 38% de la cobertura original (Trejo y Dirzo, 2000). Las actividades económicas están provocando cambios en la estructura y funcionamiento de la selva estacionalmente seca, por lo que recuperarla es una tarea urgente.

En 1999, se decretó con carácter federal la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), que protege 59,030 ha de selva estacionalmente seca al sur del estado de Morelos (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1999; Comisión Nacional de Áreas Naturales

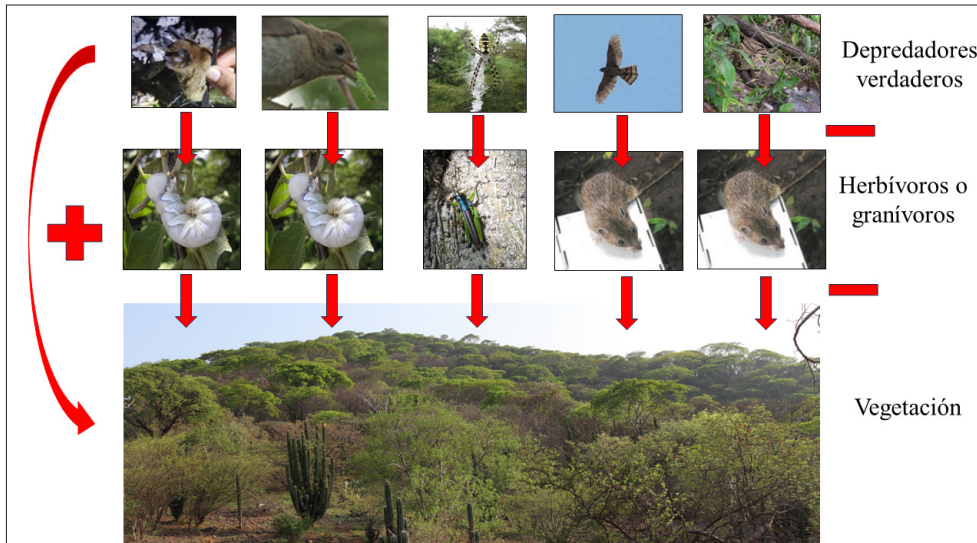
Protegidas, 2005). En 2006, en terrenos de la comunidad de El Limón de Cuauchichinola, localizada dentro de la REBIOSH, se estableció un experimento de restauración a largo plazo con la meta de recuperar el movimiento de plantas y animales en paisajes agropecuarios permanentes (Martínez Garza et al., 2016).

El experimento incluye ocho parcelas de 50 x 50 m que fueron excluidas de la ganadería y de la extracción de recursos mediante cercas eléctricas para favorecer la sucesión natural (intervención mínima de restauración). En la mitad de estas parcelas se plantaron árboles de veinte especies nativas (intervención máxima de restauración). La mayoría de las plantas tenían menos de un año y fueron propagadas en un vivero rústico cerca de la localidad de Quilamula, en la misma Sierra de Huautla, con semillas obtenidas de más de tres árboles en el ejido de El Limón de Cuauchichinola; además, plantas con menos de dos años de varias especies de *Bursera* fueron donadas por el Jardín Etnobotánico de Cuernavaca (Carrasco-Carballido y Martínez-Garza, 2011).

Así, el experimento cuenta con cuatro réplicas de plantaciones de restauración y cuatro réplicas de sucesión natural; adicionalmente, se establecieron tres parcelas sin cercar en áreas bajo perturbación crónica y tres parcelas en las áreas más conservadas donde no hay entrada de ganado (Martínez Garza et al., 2016). Nuestra predicción fue que el crecimiento de la vegetación debido a la exclusión del ganado y al establecimiento de plantaciones resultaría en un mejoramiento del hábitat para que la fauna silvestre pudiera ocuparlo y moverse en el paisaje (Martínez Garza et al., 2021b). Con mayor vegetación se espera un aumento en la abundancia de herbívoros (lepidópteros y ratones), y las áreas con más herbívoros son más atractivas para los depredadores (murciélagos, aves, arañas y reptiles) (figura 6, p. 11). En una cascada trófica funcional, cuando los depredadores controlan las poblaciones de herbívoros benefician a la vegetación. Los resultados de los primeros diecisiete años de este experimento se describen a continuación:

En los primeros cinco años se registró que en las áreas bajo restauración había una mayor diversidad de leñosas (Martínez-Garza et al., 2021b) y hierbas (De la O Toris et al., 2012), así como un aumento de especies e individuos de reptiles y anfibios (Orea Gadea, 2010), murciélagos y aves (Martínez-Garza et al., 2016), en comparación con el hábitat bajo perturbación crónica (figura 7). También se registró un aumento en las poblaciones de herbívoros, como lepidópteros (Juan-Baeza et al., 2015) y ratones (Martínez-Garza et al., 2021b). Este aumento en la cantidad de presas después de seis años resultó en una mayor abundancia de arañas en la vegetación de las áreas bajo restauración (Hernández Silva et al., 2014), una composición diferente de arañas errantes en cada hábitat (Rivas-Herrera et al., 2014) y una mejor condición corporal de la araña depredadora *Nephila clavipes* en las plantaciones de restauración de ocho años, en comparación con el hábitat en sucesión natural (González-Tokman y Martínez-Garza, 2015).

Figura 6
Depredadores, herbívoros y vegetación monitoreada en un proyecto de restauración ecológica establecido en 2006 en El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos



Los signos negativos simbolizan que la especie se ve afectada, mientras que el positivo representa un beneficio.

Fotos: Óscar Amaro-Flores, Lucile Dewulf, David Valenzuela-Galván, Edith Rivas-Alonso y Cristina Martínez-Garza.

Fuente: elaboración propia.

Por último, después de dieciséis años, se registró que la abundancia de visitantes florales (González Leiva et al., 2022) y de aves (M. Osorio Beristain, datos no publicados) fue similar en los sitios bajo restauración y en la selva conservada, mientras que, a diecisiete años, la riqueza de leñosas en las áreas bajo restauración sigue aumentando (Martínez-Garza et al., 2023). En estos años se ha incrementado la cantidad de lepidópteros y roedores debido al mejoramiento del hábitat por el crecimiento de la vegetación, y estos herbívoros han atraído a los depredadores potenciales, favoreciendo el restablecimiento de las cascadas tróficas en estos paisajes agropecuarios permanentes.

Dada la gran diversidad de plantas y animales en la selva estacionalmente seca, muchas otras interacciones pueden estar sucediendo. A continuación describimos dos cascadas tróficas potenciales que deben conservarse en este ecosistema:

1. En esta región existe un mosaico de áreas conservadas y alteradas donde se ha documentado la existencia de una comunidad dominada por carnívoros de talla me-

Figura 7
Cronología de la intervención y el monitoreo de restauración ecológica
en El Limón de Cuauichinola, Sierra de Huautla, Morelos



Fotos: Óscar Amaro-Flores, Israel Valencia-Esquivel, Iván Rivas-Herrera, Edith Rivas-Alonso y Cristina Martínez-Garza.

dia (Valenzuela-Galván et al., 2015), como los coyotes (*Canis latrans*). En este mosaico también hay condiciones favorables para las poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Hernández-Silva et al., 2014; Hernández-Silva et al., 2011), que son parte de la dieta de los coyotes (Ozoga y Harger, 1966). En la época de transición entre la temporada de lluvias y secas, el venado cola blanca se alimenta de las hojas del árbol palo de Brasil (*Haematoxylum brasiletto*, Fabaceae) (Arceo et al., 2005). Los ganaderos consideran a los coyotes como depredadores del ganado, por lo que los matan, pero la desaparición de los coyotes podría afectar las poblaciones del árbol palo de Brasil, debido al aumento en la densidad de los venados.

- La serpiente de cascabel (*Crotalus culminatus*) (Heimes, 2016) se alimenta de pequeños mamíferos, como el ratón de meseta (*Peromyscus melanophrys*) (Cadena Salgado, 2003), que se alimenta de herbáceas (Integrated Taxonomic Information System, 2021). Las personas temen a las serpientes, por lo que las matan en cuanto las ven; pero eliminar a este depredador tope podría causar el aumento de roedores, que a su vez pueden acabar con los pastos de los que también se beneficia la gente porque alimentan a su ganado (De la O Toris et al., 2012).

Conclusiones y recomendaciones

La principal predicción del experimento de restauración establecido en la selva estacionalmente seca de la Sierra de Huautla, Morelos, es que excluir la perturbación permite el crecimiento

de la vegetación; en este hábitat mejorado, la fauna puede regresar y restablecer las cascadas tróficas. El monitoreo de este experimento por diecisiete años ha revelado un mejoramiento del hábitat debido al crecimiento de la vegetación y a un aumento en la riqueza y abundancia de fauna nativa. Las parcelas bajo restauración brindan recursos y refugio a estos animales para que puedan moverse en estos paisajes agropecuarios permanentes y para el restablecimiento de las cascadas tróficas.

Dado que las acciones para la reintroducción de depredadores son costosas y enfrentan muchas limitaciones, el cuidado de estos animales debe ser una meta de conservación, para lo cual se requieren más estudios sobre los conflictos entre la fauna nativa y las poblaciones humanas. Adicionalmente, el conocimiento que hemos generado sobre los ecosistemas naturales puede ser de gran ayuda para establecer políticas públicas en las ciudades que permitan la reducción de los efectos negativos de las actividades humanas en las áreas urbanas, rurales y en los ecosistemas adyacentes. Por ejemplo, las actividades restaurativas en las zonas urbanas deben incluir la separación de basura para disminuir la entrada de subsidios que, a su vez, provocan el aumento de fauna nociva.

Además, los pasos de fauna pueden disminuir el número de atropellamientos de animales en las vías de comunicación y facilitar el movimiento de la fauna nativa en los ecosistemas que han sido fragmentados por estas vialidades. Finalmente, se requieren campañas masivas de educación ambiental acerca de perros y gatos, junto con programas de manejo para reducir los efectos negativos de las mascotas en las ciudades. La restauración ambiental es una herramienta para la conservación; las acciones restaurativas se pueden llevar a cabo en ambientes urbanos y rurales, mientras que las acciones de restauración ecológica pueden alcanzar su máxima expresión en los ecosistemas naturales protegidos.

Referencias

- American Pet Products Association (2017). Total US pet industry expenditures. APPA. http://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp
- Arceo, G., Mandujano, S., Gallina, S. y Pérez-Jiménez, L. A. (2005). Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico. *Mammalia*, 69(2), 159-168. <https://doi.org/10.1515/mamm.2005.014>
- Arroyave, M. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., Andrade, L. M. y Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, (5), 45-57. <http://ref.scielo.org/v2cs9h>
- Begon, M., Townsend, C. R. y Harper, J. L. (2006). *Ecology. From individuals to ecosystems* (4ª ed.). Blackwell Publishing. <https://www.wiley.com/en-us/Ecology%3A+From+Individuals+to+Ecosystems%2C+5th+Edition-p-978119279358>
- Blancas Vázquez, J. J., López Medellín, X, Flores Armillas, V. H. (2020). Resumen Ejecutivo. Factores de presión. En *La biodiversidad de Morelos. Estudio de Estado 2* (vol. III, pp. 125-126). CONABIO. https://biodiversidad.morelos.gob.mx/sites/biodiversidad.morelos.gob.mx/files/files/La%20biodiversidad%20en%20Morelos_Vol_III.pdf
- Brown, J. S., Laundré, J. W. y Gurung, M. (1999). The ecology of fear: optimal foraging, game theory, and trophic interactions. *Journal of Mammalogy*, 80(2), 385-399. <https://doi.org/10.2307/1383287>
- Cadena Salgado, M. (2003). *Efectos de la perturbación y estacionalidad en la comunidad de roedores en una selva baja caducifolia en Morelos, México*. [Tesis de licenciatura, UDLAP]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/laec/cadena_s_m/
- Cano Gómez, C. A. (2016). *Pasos de Fauna*. [Tesina de especialidad, UNAM]. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TESo1000751190>
- Carpenter, S. R., Kitchell, J. F. y Hodgson, J. R. (1985). Cascading trophic interactions and lake productivity. Fish predation and herbivory can regulate lake ecosystems. *BioScience*, 35(10), 634-639. <https://doi.org/10.2307/1309989>
- Carrasco-Carballido, V. y Martínez-Garza, C. (2011). Recuperación de la biodiversidad con plantaciones de especies nativas en selvas húmedas y secas de México. Tres estudios de caso. En O. Vargas Ríos y S. P. Reyes B. (eds.). *La restauración ecológica en la práctica. Memorias I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica* (pp. 297-305). UNAL. <https://www.fisica.unam.mx/personales/mir/el/2011-La%20Restauraci%C3%B3n%20Ecol%C3%B3gica%20en%20la%20Pr%C3%A1ctica.pdf>
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps.). *Capital natural de México. Conocimiento actual de la*

- biodiversidad* (vol. 1, pp. 87-108). CONABIO. https://ceiba.org.mx/publicaciones/Centro_Documentacion/Capital_Natural_Mx/2008_CapNatMx_I_Conocimiento.pdf
- Chazdon, R. y Guariguata, M. R. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica. The Scientific Journal of the ATBC*, 48(6), 716-730. <https://doi.org/10.1111/btp.12381>
- Churcher, P. B. y Lawton, J. H. (1987). Predation by domestic cats in an english village. *Journal of Zoology*, 212(3), 439-455. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1987.tb02915.x>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2005). *Programa de Conservación y Manejo. Reserva de la Biosfera Sierra Huautla, México*. CONANP. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/107_libro_pm.pdf
- Crooks, K. R. y Soulé, M. E. (1999). Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature*, 400, 563-566. <https://www.nature.com/articles/23028>
- De la O Toris, J., Maldonado, B. y Martínez-Garza, C. (2012). Efecto de la perturbación sobre la comunidad de herbácea nativa y ruderal de un bosque estacional mexicano. *Botanical Sciences*, 90(4), 469-480. <https://doi.org/10.17129/botsci.475>
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., Koetz, ... y Zlatanova, D. (2015). The IPBES conceptual framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., y Ceballos, G. (2011). *Seasonally dry tropical forests. Ecology and conservation*. Island Press. <https://link.springer.com/book/10.5822/978-1-61091-021-7>
- Driscoll, C. A., Menotti-Raymond, M., Roca, A. L., Hupe, K., Johnson, W. E., Geffen, E., Harley, E. H., Delibes, M., Pontier, D., Kitchener, A. C., Yamaguchi, N., O'Brien, S. J. y Macdonald, D. W. (2007). The near eastern origin of cat domestication. *Science*, 317(5837), 519-523. <https://doi.org/10.1126/science.1139518>
- Estes, J. A., Tinker, M. T., Williams, T. M. y Doak, D. F. (1999). Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science*, 282(5388), 473-476. <https://doi.org/10.1126/science.282.5388.473>
- Flores-Armillas, V. H., Valenzuela-Galván, D., Peña-Mondragón, J. L. y López-Medellín, X. (2020). Human-wildlife conflicts in Mexico: review of status and perspectives. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282020000100122
- Galindo, C. (2010). Recuperación del lobo mexicano. En J. Carabias, J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (coords.). *Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito* (pp. 80-81). CONABIO/SEMARNAT. https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cien_casos/pdf/cap31.pdf

- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K. y Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. 2ª ed. *Restoration Ecology*, 27(51), S1-S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- García-Callejas, D. y Torres, A. (2019). Restauración de interacciones ecológicas: medidas y consecuencias a escala de comunidad. *Ecosistemas*, 28(2), 42-49. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1748>
- González Leiva, L., Vargas Pellicer, P. y Martínez Garza, C. (2022). Influencia de la fenología floral en las interacciones de visitantes florales en una selva en proceso de restauración en Morelos, México [cartel]. En XXII Congreso Mexicano de Botánica. Puebla 2022. Los retos de la botánica en el antropoceno [25 al 30 de septiembre]. BUAP/Sociedad Botánica de México, AC. https://www.researchgate.net/profile/Laritza-Gonzalez-Leiva/publication/367380168_Cartel_CMB_2022_Laritza_Glez_23-09-2022_Final/links/63d039fbd7e5841e0bf23499/Cartel-CMB-2022-Laritza-Glez-23-09-2022-Final.pdf
- González-Tokman, D. y Martínez-Garza, C. (2015). Effect of Ecological Restoration on Body Condition of a Predator. *PLOS One*, 10(7), e0133551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133551>
- Gompper, M. E. (2014). *Free-ranging dogs and wildlife conservation*. Oxford University Press/University of Missouri. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199663217.001.0001>
- Heimes, P. (2016). *Herpetofauna Mexicana. Snakes of Mexico* (vol. I). Chimaira.
- Hernández Silva, D. A., Cortés Díaz, E., Zaragoza Ramírez, J. L., Martínez Hernández, P. A., González Bonilla, G. T., Rodríguez Castañeda, B. y Hernández Sedas, D. A. (2011). Hábitat del venado cola blanca, en la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(1), 47-66. <https://doi.org/10.21829/azm.2011.271733>
- Hernández-Silva, Y. G., Rivas-Herrera, C. I., Montiel-Parra, G. y Martínez-Garza, C. (2014). Araneofauna en parcelas de restauración ecológica en la selva estacional de Sierra de Huautla, Morelos. En IV Congreso Latinoamericano de Aracnología, Morelia, Michoacán [20 al 25 de julio].
- Howe, F. H. y Westley, L. C. (1988). *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/ushe/product/ecological-relationships-of-plants-and-animals-9780195063141?cc=mx&lang=en&>
- Integrated Taxonomic Information System (2021). *Peromyscus melanophrys*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 26, 181.
- Juan-Baeza, I., Martínez-Garza, C. y del-Val, E. (2015). Recovering more than tree cover: herbivores and herbivory in a restored tropical dry forest. *PLOS One*, 10(6), e0128583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128583>

- López-González, C. A., Lara-Díaz, N. E., Wolf Webels, R. A., García-Chávez, C., Díaz de la Vega-Martínez, A. D., Monroy Jacobo, H., List, R., Armella-Villalpando, M. A., Frieventh-Mondragón, J., Pérez-Rodríguez, M. A., Gálvez-Sarmiento, A. B., Armenta-Nieblas, F. J., Jiménez-Lezama, S., Romo-Cervantes, A., Narváez-Casillas, A., Fuente-Galicia, M. de la, Dwire, M., Kreutzian, M., Gardner, C. y Wiese, C. (2018). Protocolo de rehabilitación de ejemplares del lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) en México. UAQ/Soluciones Ambientales ITZENI/Consultor Independiente/UMA Coatepec Harinas/CONANP/UAM-Lerma/UAM-Iztapalapa/CAPANAF/Zoológico Zacango/UMA Buenavista del Cobre/OVIS-La Mesa. <https://www.conanp.gob.mx/procer/ProtocoloRehabilitacionLoboMexicano2021.pdf>
- Maass, M., Búrquez, A., Trejo, I., Valenzuela, D., González, M. A., Rodríguez, M. y Arias, H. (2010). Amenazas. En G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury y R. Dirzo (eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México* (pp. 311-346). FCE/CONABIO. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/11/selvas_secas_del_pacifico_mexicano_2010_r.pdf
- Martínez Garza, C., Osorio Beristain, M., Alcalá, R. E., Valenzuela Galván, D. y Mariano, N. (2016). Ocho años de restauración experimental en las selvas estacionales de México. En E. Cecon y C. Martínez-Garza (coords.). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas* (pp. 385-406). CRIM-UNAM. <https://doi.org/10.22201/crim.9786070294778e.2017>
- Martínez-Garza, C., Méndez-Toribio, M., Cecon, E. y Guariguata, M. R. (2021a). Ecosystem restoration in Mexico: insights on the project planning phase. *Botanical Sciences*, 99(2), 242-256. <https://doi.org/10.17129/botsci.2695>
- Martínez-Garza, C., Osorio Beristain, M., Valenzuela Galván, D., Alcalá-Martínez, R. y Rivas, E. (2021b). Manejo y conservación de aves, roedores y murciélagos en paisajes agropecuarios permanentes en Sierra de Huautla, Morelos. En E. del Val de Gortari y N. Mercado Silva (eds.). *Manejo y conservación de fauna en ambientes antropizados* (pp. 103-131). UAQ. https://simehbucket.s3.amazonaws.com/miscfiles/9786075135526_4n9sop9c.pdf
- Martínez Garza, C., Vargas-Pellicer, P., Méndez-Toribio, M. y Zermeño-Hernández, I. (2023). Estructura de la vegetación leñosa después de 17 años de restauración experimental en la selva estacionalmente seca de Morelos, México. En I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración Ecológica y III Encuentro Nacional de Restauración Ecológica de la Argentina, Neuquén, Argentina [22 al 24 de noviembre]. REA/FACIAS-UNCOMA. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35578.26569>
- Mesa-Sierra, N., de la Peña-Domene, M., Campo, J. y Giardina, C. P. (2022). Restoring mexican tropical dry forests: a national review. *Sustainability*, 14(7), 3937. <https://doi.org/10.3390/SU14073937>

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2006). *Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales (segunda edición, revisada y ampliada). Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte* (vol. 1). Ministerio de Agricultura, Alimentación y del Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf
- Montoya, D. (2019). Restauración de redes ecológicas: escalas espacial y temporal, estabilidad y cambio global. *Ecosistemas*, 28(2), 11-19. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1706>
- Mora Reyes, J. Á. (2007). *Una alternativa al problema de la basura en la colonia Roma Norte: la concesión*. [Tesis de maestría, UAM-A]. <http://hdl.handle.net/1191/5453>
- Orduña-Villaseñor, M., Valenzuela-Galván, D. y Schondube, J. E. (2023). Tus mejores amigos pueden ser tus peores enemigos: impacto de los gatos y perros domésticos en países megadiversos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, e944850. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.4850>
- Orea Gadea, J. (2010). *Efecto de plantaciones mixtas sobre la diversidad herpetofaunística en selva baja caducifolia de Sierra de Huautla, Morelos*. [Tesis de licenciatura, UAEM].
- Ozoga, J. J. y Harger, E. M. (1966). Winter activities and feeding habits of northern Michigan coyotes. *The Journal of Wildlife Management*, 30(4), 809-818. <https://doi.org/10.2307/3798288>
- Paine, R. T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49, 666-685. <https://doi.org/10.2307/4220>
- Pace, M. L., Cole, J. J., Carpenter, S. R. y Kitchell, J. F. (1999). Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 14, 483-488. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01723-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01723-1)
- Polis, G. A., Anderson, W. B. y Holt, R. D. (1997). Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 28, 289-316. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.289>
- Ripple, W. J. y Beschta, R.L. (2003). Wolf reintroduction, predation risk, and cottonwood recovery in Yellowstone National Park. *Forest Ecology and Management*, 184(1-3), 299-313. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00154-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00154-3)
- Ripple, W. J., Rooney, T. P. y Beschta, R. L. (2010). Large predators, deer, and trophic cascades in boreal and temperate ecosystems. En J. Terborgh y J. A. Estes (eds.). *Trophic cascades: predators, prey, and the changing dynamics of nature* (pp. 141-161). Island Press. <https://islandpress.org/books/trophic-cascades#quotes>
- Rivas Herrera, C. I., Montiel Parra, G. y Martínez Garza, C. (2014). Araneofauna errante en tratamientos de restauración ecológica en la selva estacional seca de Sierra de

- Huautla. En E. Ceccon y C. Martínez-Garza (eds.). *I Simposio Mexicano de Restauración de Ecosistemas*. CRIM-UNAM/UAEM/CONABIO/SIACRE/REPARA. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/pais/files/2014_Memorias_I_Simposio.pdf
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3-21. <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ª ed.). CONABIO. <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable y Servicios Públicos (25 de marzo de 2023). A partir del 01 de abril de 2023 inicia en Cuernavaca la recolección de basura separada. Ayuntamiento de Cuernavaca 2022-2024. <https://cuernavaca.gob.mx/?p=26667>
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (15 de septiembre de 1999). Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Sierra de Huautla, ubicada en los municipios de Amacuzac, Puente de Ixtla, Jojutla, Tlaquiltenango y Tepalcingo, en el Estado de Morelos, con una superficie total de 59,030-94-15.9 hectáreas. *DOF*, 11, Primera Sección, 12-19. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4953998&fecha=15/09/1999#gsc.tab=0
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (15 de diciembre de 2022). Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024. *DOF*, (3). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673815&fecha=09/12/2022#gsc.tab=0
- Sinclair, A. R. E., Metzger, K., Brashares, J. S., Nkwabi, A., Sharam, G. y Fryxell, J. M. (2010). Trophic cascades in African Savanna: Serengeti as a case study. En J. Terborgh, J. A. Estes (eds.) y E. K. Pikitch (Pról.), *Trophic cascades. Predators, prey, and the changing dynamics of nature* (pp. 255-274). Island Press. <https://issuu.com/islandpress/docs/trophic-cascades>
- Sundaresan, S. R. y Riginos, C. (2010). Lessons learned from biodiversity conservation in the private lands of Laikipia, Kenya. *Great Plains Research*, 20(1), 17-27. <http://www.jstor.org/stable/23782172>
- Terborgh, J. y Estes, J. (2010). *Trophic cascades. Predators, prey, and the changing dynamics of nature*. Island Press. <https://islandpress.org/books/trophic-cascades#quotes>
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94(2), 133-142. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3)
- Valenzuela-Galván, D., Castro-Campos, F., Rodríguez-Luna, C. R., Martínez-Montes, J. C., Carreón-González, D. E., Castro-Campos, U. y López Pérez, M. (2015). Informe final del proyecto Distribución de Felinos Silvestres en Sierra de Huautla (Convenio de concertación PROCER/DRCEN/005/2015).

- Ward, P. y Myers, R. A. (2005). Shifts in open-ocean fish communities coinciding with the commencement of commercial fishing. *Ecology*, 86(4), 835-847. <http://www.jstor.org/stable/3450838>
- Weaver, J. (1978). *The wolves of Yellowstone*. Natural Resources Report No. 14. US Dept of Interior, National Park Service. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/mk61rn628>
- Wierzbowska, I. A., Hędrzak, M., Popczyk, B., Okarma, H. y Crooks, K. R. (2016). Predation of wildlife by free-ranging domestic dogs in polish hunting grounds and potential competition with the grey wolf. *Biological Conservation*, 201, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.016>
- Young, H. S., Parker, I. M., Gilbert, G. S., Guerra, A. S. y Nunn, C. L. (2017). Introduced species, disease ecology, and biodiversity-disease relationships. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 41-54. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.008>
- Zagal-García, K. V., Martínez-Garza, C. y Valenzuela-Galván, D. (2022). Captura fotográfica de mamíferos medianos en parcelas experimentales de restauración ecológica en un paisaje agropecuario en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 129, 1-14. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1951>
- Zuleta, G., Rovere, A. y Mollard, F. (eds.) (2015). *siacre-2015. Aportes y conclusiones. Tomando decisiones para revertir la degradación ambiental*. SIACRE. https://elti.yale.edu/sites/default/files/rsource_files/libro_siacre-2015_completo_o.pdf

inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 20, núm. 50, 2024

ISSN: 2448-9026 (digital) | DOI: [10.30973/inventio/2024.20.50/4](https://doi.org/10.30973/inventio/2024.20.50/4)

ARTÍCULOS

Plantas que protegen: explorando alternativas ecológicas para la prevención de la corrosión

Plants that protect: exploring ecological alternatives for corrosion prevention

Irma Alondra Hermoso Díaz

ORCID: 0009-0007-6103-5230, irma.hermoso@uaem.mx

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

José Gonzalo González Rodríguez

ORCID: 0000-0002-5934-3126, ggonzalez@uaem.mx

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 16/11/23. Aceptación: 01/03/24. Publicación: 09/09/24

RESUMEN

La *química verde*, conocida también como química sostenible, ha encontrado un aliado en la contienda contra la degradación de metales y aleaciones, a través del uso de extractos de plantas como inhibidores de corrosión. Este artículo tiene el objetivo de difundir hallazgos clave en la investigación de los inhibidores de corrosión a base de extractos de plantas, su origen, su mecanismo de funcionamiento, las ventajas y desafíos de su uso y algunas técnicas experimentales para evaluar su eficiencia. Se ilustra cómo la ciencia y la ingeniería pueden converger en soluciones respetuosas con el medio ambiente a un problema global, como lo es la degradación de los metales.

PALABRAS CLAVE

corrosión, compuestos naturales, inhibidores de corrosión, química verde

ABSTRACT

Green chemistry, also known as sustainable chemistry, has found an ally in the fight against metal and alloy degradation through the use of plant extracts as corrosion inhibitors. This article aims to disseminate key findings in the research on corrosion inhibitors based on plant extracts, their origin, mechanism of action, the advantages and challenges of their use and experimental techniques to evaluate inhibitor efficiency. It illustrates how science and engineering can converge on environmentally friendly solutions to a global issue such as metal degradation.

KEYWORDS

corrosion, corrosion inhibitors, green chemistry, natural compounds

Un mundo con posibilidades ecológicas

En el ámbito de la ingeniería y la construcción, los materiales metálicos, especialmente las aleaciones, desempeñan un papel importante debido a sus ventajas mecánicas y económicas, por ejemplo, por su alta resistencia mecánica y su costo económico (Lavanya et al., 2023; Zhang et al., 2023). Sin embargo, la mayoría de los metales y sus aleaciones en su forma pura son altamente reactivos y propensos a la corrosión debido a su interacción con los componentes del entorno. La corrosión es un proceso en el que los materiales metálicos experimentan degradación debido a reacciones químicas o electroquímicas al entrar en contacto con el entorno. En este proceso, el metal pierde electrones, es decir, se oxida, y la ausencia de estos electrones crea vacíos en el metal, lo que contribuye a su deterioro. Este fenómeno no sólo implica pérdidas económicas significativas, sino que también representa riesgos para la seguridad a nivel global. De hecho, la corrosión se traduce en pérdidas que equivalen al 3.5% del producto interno bruto mundial (Koch, 2017; Umoren et al., 2020; Verma, Lgaz et al., 2018).

El desafío de la corrosión se agrava en particular en los procesos de obtención de metales puros a partir de minerales metálicos. Durante estas operaciones se utilizan soluciones de ácidos muy concentradas, lo que conduce a la disolución de componentes metálicos, así como de impurezas en forma de óxido (Al-Amiery y Al-Azzawi, 2023; Dehghani y Ramezanzadeh, 2023; Nazari et al., 2023). Dada la gravedad de los riesgos vinculados a este fenómeno, a lo largo de la historia de la humanidad ha habido un esfuerzo continuo para desarrollar, mejorar y adaptar medidas efectivas que prevengan el deterioro de los materiales metálicos.

Entre las estrategias más prácticas y económicamente viables para prevenir y mitigar la degradación destaca el uso de inhibidores. Éstos son compuestos químicos que, al ser añadidos en pequeñas cantidades en un entorno corrosivo, desaceleran el proceso de degradación u oxidación. La acción de inhibición implica la interrupción o prevención de las reacciones químicas entre la superficie metálica y el oxígeno circundante o especies erosivas existentes en el medio. Los compuestos activos en el inhibidor se adhieren a la superficie y forman una película protectora que aísla los metales de su entorno agresivo.

El uso de inhibidores constituye uno de los métodos más antiguos empleados para la protección contra la degradación de los metales (Sastri, 2012). En la antigüedad, los romanos emplearon diversos compuestos, como el betún, extractos de alquitrán, salvado, gelatina y pegamento para contrarrestar la corrosión ácida del acero (Dillmann et al., 2013; Putilova, 1960). En una etapa posterior, durante los procesos de decapado del acero, se empezaron a incorporar aceites y melaza como forma de prevenir la degradación del metal (Dillmann et al., 2013). Posteriormente, en 1900, Robinson y Sutherland publicaron una patente sobre la inhibición del decapado de acero mediante el uso de almidón (Verma, Aslam et al., 2021). En 1907, Laverti patentó la aplicación de aceites para el proceso de limpieza química de metales con ácido sulfúrico (Verma, Aslam et al., 2021).

Entre 1960 y 1980, a pesar de su toxicidad, se emplearon sales inorgánicas, como cromatos, fosfatos, nitratos, silicatos, boratos y sales a base de zinc, debido a su buen funcionamiento como inhibidores (Alhaffar et al., 2018; De Damborenea et al., 2014; Verma, Obot et al., 2018). Después de 1980 comenzaron a tenerse en cuenta los efectos ecológicos de los procesos y productos químicos en los ecosistemas. Este cambio fue impulsado debido a décadas de explotación desmedida de los recursos naturales y por la generación de contaminantes a una escala sin precedentes, principalmente, además de algunos desastres ambientales, como derrames de petróleo y contaminación del agua, que capturaron la atención pública y resaltaron la necesidad de proteger el medio ambiente.

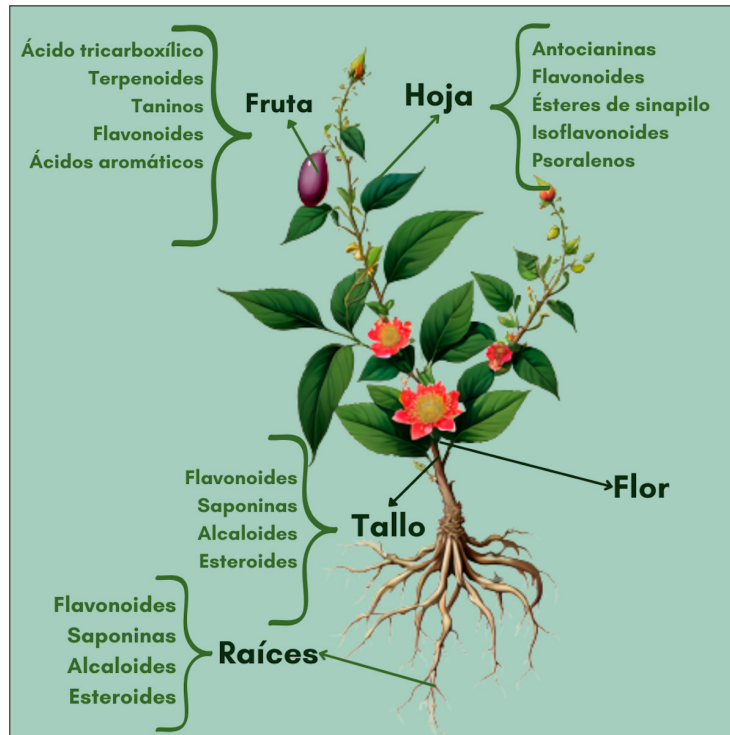
En tiempos recientes, con el crecimiento de la conciencia ecológica, se ha impuesto una restricción total al uso de inhibidores tradicionales debido a su alta toxicidad. Desde 1995, los científicos e ingenieros especializados en degradación de metales han dirigido sus esfuerzos hacia el diseño y la síntesis de alternativas respetuosas con el medio ambiente (Verma, Obot et al., 2018). En respuesta a los desafíos actuales han surgido sistemas modernos de protección contra el desgaste de estos materiales que buscan opciones más amigables con el entorno. Estos sistemas ofrecen un alto nivel de eficiencia protectora en concentraciones bajas y presentan riesgos mínimos para la salud, el medio ambiente y la seguridad (Alhaffar et al., 2018; Kaczerewska et al., 2018; Verma, Quraishi et al., 2018).

Un enfoque especialmente prometedor en esta búsqueda de alternativas ecológicas son los compuestos encontrados en extractos de plantas. Investigaciones previas han revelado que diversos extractos de partes vegetales, como hojas, frutos, semillas y raíces, pueden desempeñar un papel eficaz como inhibidores de corrosión (Chowdhury et al., 2023; Eid et al., 2023; Liao et al., 2023; Miralrio y Espinoza Vázquez, 2020; Ribeiro Maestro et al., 2023; Méndez et al., 2023; Shanmugapriya et al., 2023; Wang, Deng et al., 2023; Wang, Wu et al., 2023; Zlatić et al., 2023). En la figura 1 (p. 4) se ilustran las partes de la planta que pueden emplearse para la elaboración de inhibidores a base de extractos naturales, gracias a la presencia de compuestos químicos con propiedades antioxidantes.

Las plantas han demostrado ser una fuente rica en antioxidantes, y estas propiedades se utilizan para desacelerar el proceso de degradación en los metales. Los extractos naturales han sido aplicados con éxito bajo diversas condiciones como inhibidores. Entre ellos se encuentran los aceites obtenidos de desechos agroindustriales, aguacate, mango, mamey, durazno, arroz, café, entre otros (Da Costa et al., 2020; Pal y Das, 2022; Rahmani et al., 2023; Sotelo et al., 2023; Vorobyova y Skiba, 2021). Esto ha generado un creciente interés en la investigación y aplicación de estos *extractos de plantas como inhibidores de corrosión* (EPIC).

En la tabla 1 (p. 5) se presentan algunos estudios que informan sobre el uso de extractos de plantas como inhibidores. Estas investigaciones abordan diversas plantas, solventes, metales y entornos corrosivos. Por ejemplo, el extracto de piña como inhibidor de corrosión

Figura 1
Partes básicas de una planta y sus compuestos activos comunes



Fuente: elaboración propia.

aplicado en ácido clorhídrico para proteger el acero al carbono logró una eficiencia del 98% (Mirallio y Espinosa Vázquez, 2020).

La magia de las plantas en la prevención de la corrosión

A lo largo de millones de años de evolución, las plantas han desarrollado antioxidantes, moléculas capaces de donar electrones adicionales o de recibir electrones sin volverse inestables. En el mundo vegetal, los antioxidantes desempeñan un papel importante, ya que actúan como protectores contra los efectos perjudiciales de los radicales libres. Éstos son generados como subproductos naturales del metabolismo y de la exposición a factores estresantes ambientales, y tienen el potencial de dañar las estructuras celulares al provocar la oxidación de los compuestos químicos en las plantas (Clark, 2023; Kliebenstein y Kvitko, 2023; Xiao et al., 2022). Para contrarrestar este daño, las plantas han desarrollado antioxidantes, como los polifenoles, flavonoides, carotenoides, entre otros. Estos compuestos contienen en su estructura química carbono, hidrógeno, oxígeno u otros átomos que ayudan a neutralizar los radicales libres y proteger las células vegetales (Saleem et al., 2022).

Tabla 1
Parámetros obtenidos con extractos de plantas evaluadas
como inhibidores de corrosión en acero

Planta (<i>nombre científico</i>)	Solvente utilizado como medio de extracción	Metal	Medio corrosivo	Eficiencia (%)
Piña (<i>ananas comosus</i>)	Agua	Acero al carbono	Ácido clorhídrico	98
Incienso de Canarias (<i>artemisia herba-alba</i>)	Agua	Acero inoxidable	Ácido fosfórico	88
Hierba té (<i>bacopa monnieri/lawsonia inermis</i>)	Agua	Acero bajo en carbono	Hidróxido de sodio	80
Té verde (<i>camellia sinensis</i>)	Agua	Acero al carbono	Cloruro de sodio	80
Peumo (<i>cryptocarya nigra</i>)	Hexano, metanol	Acero dulce	Ácido clorhídrico	91
Eucalipto blanco (<i>eucalyptus globulus</i>)	Agua	Acero bajo en carbono	Ácido sulfúrico	88
Golondrina (<i>euphorbia heterophylla linneo</i>)	Agua	Acero dulce	Ácido clorhídrico	93
Tabaco (<i>nicotiana tabacum</i>)	Agua	Acero Q235	Hidróxido de sodio	88
Rosal silvestre (<i>rosa canina</i>)	Agua	Acero dulce	Ácido clorhídrico	90
Árbol de Buda (<i>saraca ashoka</i>)	Agua	Acero dulce	Ácido sulfúrico	93
Tamarindo (<i>tamarindus indica</i>)	Agua	Acero dulce	Cloruro de sodio	96

Fuente: Miralrío y Espinosa Vázquez (2020).

Los antioxidantes derivados de las plantas son valiosos para prevenir la corrosión en metales. En el ámbito de la protección contra la corrosión, donde la formación de radicales libres puede acelerar este proceso, cumplen un papel crucial. Cuando los metales interactúan con entornos corrosivos, la pérdida de electrones en su superficie conduce a la degradación y pérdida de material. Los antioxidantes vegetales, con electrones adicionales, al entrar en contacto con la superficie metálica forman una capa protectora al llenar los huecos en el metal. Esta capa funciona como defensa frente al entorno corrosivo, pues crea una barrera que evita la reacción con sustancias degradantes. Como resultado, la velocidad de corrosión disminuye notablemente, lo que contribuye a extender la vida útil del metal.

La exploración del uso de los EPIC no sólo posee relevancia desde una perspectiva ecológica, sino que también destaca la importancia y viabilidad de crear productos y procesos sostenibles en la ingeniería y la ciencia moderna. El proceso de obtención de estos extractos es diverso y abarca distintas etapas, como la recolección, limpieza, secado, trituración, disolución y extracción en solventes específicos (figura 2, p. 6). En una primera fase se selecciona la parte de la planta con la mayor concentración de compuestos de interés. Todas las partes se emplean para obtener los extractos, ya sean hojas, flores, semillas, raíces o tallos (figura 1, p. 4). Posteriormente, estas partes se trituran, aplastan o cortan y a veces se someten a un proceso

Figura 2

Ilustración de la preparación del extracto vegetal como inhibidor de corrosión



Fuente: elaboración propia.

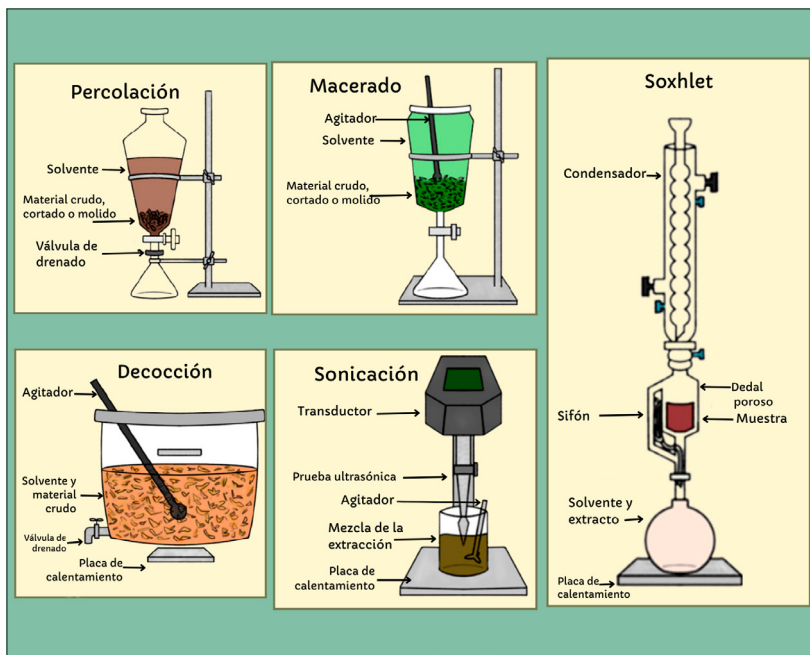
de secado previo. A continuación, se sumergen en el solvente de extracción seleccionado y según el método utilizado. Los sólidos suspendidos en la mezcla resultante se pueden separar mediante filtración. La figura 2 ilustra estos pasos en la elaboración de un EPIC.

Por otro lado, los procedimientos de extracción se basan en la aplicación de calor, enfriamiento y en la separación de los compuestos activos en presencia del solvente. Los métodos tradicionales incluyen maceración, infusión, decocción y percolación. Los procesos más avanzados comprenden la extracción continua en caliente y la extracción con ultrasonido o sonicación. La figura 3 (p. 7) presenta ejemplos de los métodos utilizados para obtener extractos de plantas. Es importante señalar que, debido a la diversidad de fuentes vegetales, solventes, metales y condiciones ambientales, las pruebas experimentales presentan desafíos en términos de estandarización y optimización de procesos. La variabilidad inherente a estas etapas requiere un enfoque cuidadoso para lograr resultados confiables y efectivos en la aplicación práctica de los EPIC.

Interacción de los fitoquímicos con las superficies metálicas

La naturaleza nos ofrece inspiración y soluciones abundantes, a menudo subestimadas. A lo largo del tiempo, las plantas han desarrollado compuestos químicos llamados fitoquímicos,

Figura 3
Métodos comunes para la elaboración de extractos naturales utilizados
como extractos de plantas inhibidores de corrosión (EPIC)

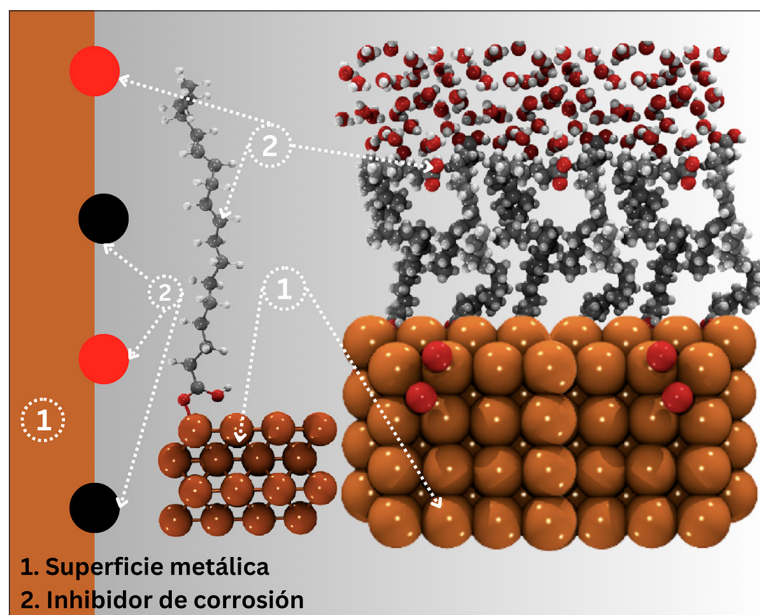


Fuente: Miralrío y Espinosa Vázquez (2020).

una adaptación biológica para sobrevivir frente a enfermedades, depredadores y condiciones adversas (Clark, 2023; Kliebenstein y Kvitko, 2023; Saleem et al., 2022). Es importante señalar que, aunque muchos fitoquímicos son antioxidantes, no todos los antioxidantes son fitoquímicos. Esta distinción se vuelve relevante en el ámbito científico y en la divulgación general sobre salud, donde a menudo se utilizan ambos términos de manera intercambiable. Así, mientras que los fitoquímicos representan una categoría específica de compuestos de origen vegetal, los antioxidantes abarcan un espectro más amplio de sustancias con la capacidad de contrarrestar el estrés oxidativo en diversas fuentes, incluyendo no sólo plantas, sino también alimentos y suplementos.

Es crucial resaltar que muchos fitoquímicos, gracias a sus propiedades antioxidantes, han demostrado ser eficaces en la protección de metales (Da Costa et al., 2020; Lavanya et al., 2023; Liao et al., 2023; Méndez et al., 2023; Pal y Das, 2022; Rahmani et al., 2023; Salleh et al., 2021; Sotelo et al., 2023; Vorobyova y Skiba, 2021). La eficacia de los extractos de plantas para prevenir la corrosión radica en su capacidad para interactuar con las superficies metálicas (Miralrío y Espinosa Vázquez, 2020; Salleh et al., 2021; Verma, Ebenso et al., 2018). Esta interacción se basa en la adsorción de los fitoquímicos a la superficie metálica, la cual es un proceso en el que los

Figura 4

Ilustración de la adsorción de la molécula ω_3 (omega 3) en una superficie de hierro

Fuente: Hermoso-Díaz et al. (2019).

compuestos se adhieren a la superficie del metal, formando una capa protectora que evita el contacto directo con agentes corrosivos. Esta capa funciona como un escudo que previene la corrosión y salvaguarda la integridad del metal. Un ejemplo de ello se encuentra en la figura 3 (p. 7), que ilustra la interacción del compuesto omega 3, presente en la *Salvia hispanica*, también conocida como chía, con la superficie metálica (Hermoso-Díaz et al., 2019; 2014).

Las propiedades químicas y la estructura molecular de los fitoquímicos son factores cruciales que rigen el mecanismo de adsorción en la superficie metálica. En términos simples, el modelo de adsorción generalmente sigue dos fenómenos: quimisorción o fisorción. La quimisorción implica enlaces más fuertes, mientras que la fisorción involucra fuerzas más débiles, como las fuerzas de Van der Waals, algo así como un simple apretón de manos, mientras que la primera sería algo similar a un abrazo fuerte.

Múltiples enlaces y grupos funcionales: clave de la efectividad (desafíos y beneficios)

Una de las características más notables de los fitoquímicos presentes en los extractos de plantas es su complejidad química. Estos compuestos contienen múltiples enlaces y grupos funcionales que les confieren propiedades especiales. Entre estos últimos se encuentran los hidroxilos (-OH), aminos (-NH₂), amidas (-CONH₂), cloruros de ácido (-COCL), ácidos carboxílicos (-COOH), ésteres (-COOC₂H₅), entre otros (Chauhan et al., 2021; Machado Fernandes

Figura 5
Ventajas y desafíos en el uso de los EPIC



Fuente: elaboración propia.

et al., 2020; Verma, Aslam et al., 2021; Verma, Lgaz et al., 2018; Verma et al., 2022; Verma y Quraishi, 2021). Estos grupos desempeñan un papel vital durante la adsorción de los fitoquímicos en las superficies metálicas. Sus enlaces y grupos polares les permiten interactuar de manera eficiente con la estructura metálica, con lo cual contribuyen a la formación de una capa protectora sólida.

En la figura 5 se resaltan las ventajas y desafíos asociados al uso de los EPIC, centrándose principalmente en su origen orgánico, lo que implica una reducción significativa de riesgos ambientales y de seguridad en comparación con inhibidores químicos convencionales. Además, la diversidad de extractos ofrece flexibilidad al elegir opciones para proteger metales bajo diversas condiciones.

No obstante, el uso de los EPIC presenta desafíos. Diferentes plantas y sus partes (hojas, ramas, frutos, semillas, entre otras) tienen composiciones químicas y eficiencias variables, lo que requiere investigaciones más extensas para evaluar su rendimiento. También es necesario evaluar su interacción con diferentes metales, aleaciones y condiciones ambientales. La durabilidad y la vida útil de los EPIC, en comparación con inhibidores químicos tradicionales, son áreas críticas de investigación que demandan mayor atención.

Tabla 2

Métodos de evaluación de inhibidores de corrosión en metales

Categoría	Método/Prueba	Descripción
Pruebas de inmersión	Pérdida de peso/gravimetría	Pruebas directas y confiables que sumergen las muestras metálicas en un entorno corrosivo, para evaluar la eficiencia del inhibidor a través del tiempo.
Evaluaciones electroquímicas	Análisis de impedancia, resistencia lineal a la polarización, voltametría cíclica, entre otros	Estas pruebas se realizan en las muestras metálicas, también llamadas electrodos de trabajo, en donde se varían las condiciones de temperatura y concentración del inhibidor.
Examen directo de superficies	Microscopía, espectroscopía, medición de mojabilidad, entre otros	Son técnicas que analizan directamente la superficie de las muestras después de la inmersión, lo que revela detalles sobre la composición, morfología y propiedades.

Fuente: elaboración propia.

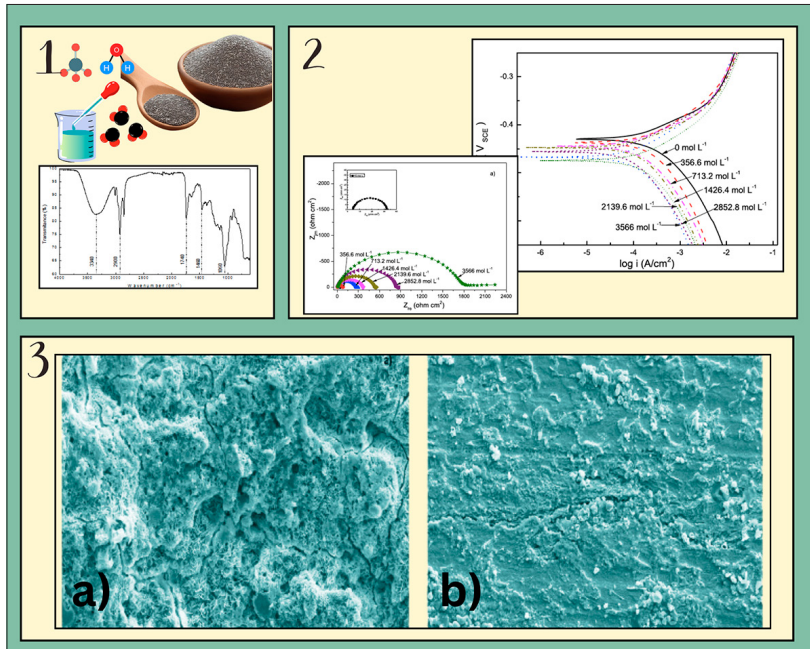
Técnicas experimentales para la evaluación de los inhibidores de corrosión

Los inhibidores de corrosión elaborados a partir de extractos naturales cumplen su función al adherirse a la superficie del metal, lo que proporciona protección contra la acción del entorno corrosivo. Para comprender el comportamiento de la adsorción se emplean diversas técnicas. Durante las pruebas experimentales se modifican las concentraciones de los EPIC, los tiempos de inmersión y la temperatura, siguiendo estándares internacionales establecidos por la ASTM, una organización que se ha dedicado al desarrollo y publicación de normas técnicas durante más de 120 años (ASTM International-Standards Worldwide, 2023).

La tabla 2 presenta de manera concisa información sobre distintas categorías de métodos y pruebas utilizados para evaluar la eficiencia de los inhibidores aplicados a muestras metálicas. Estas mediciones químicas y electroquímicas ofrecen evaluaciones cuantitativas que permiten calcular la adsorción del inhibidor y su desempeño protector, con lo que se obtienen parámetros como la velocidad de la corrosión, cobertura de la superficie y eficiencia del inhibidor, entre otros. En la figura 6 (p. 11) se presenta de manera general el proceso de caracterización y evaluación de un EPIC, donde se estudió el efecto de un inhibidor hecho de semillas de chía para proteger el acero al carbono en una solución de 0.5 M de ácido sulfúrico. En la misma figura también se incluyen algunas evaluaciones experimentales por medio de técnicas electroquímicas. Finalmente, utilizando un microscopio electrónico de barrido, se visualizan los productos de la corrosión formados en el acero al carbono debido a la interacción del metal con el medio corrosivo y a los fitoquímicos presentes en la chía (omega 3 y 6). Estas técnicas en su conjunto ofrecen una comprensión más clara de la interacción de un EPIC con la muestra metálica y su entorno.

Figura 6

Uso de evaluaciones experimentales para determinar la eficiencia de un EPIC



1) Caracterización del inhibidor; 2) Uso de técnicas electroquímicas; 3) Caracterización de productos de corrosión: a) Muestra metálica sin inhibidor, b) Mismo material con inhibidor.

Fuente: Hermoso-Díaz et al. (2014, 2019, 2021).

Alianza sostenible: plantas para la prevención de la corrosión

En este recorrido por las posibilidades ecológicas en la prevención de la corrosión se ha explorado el potencial prometedor de los extractos de plantas como inhibidores de corrosión. La *química verde*, representada por estos compuestos fitoquímicos, emerge como una aliada eficaz en la protección de metales, con lo cual se destaca la importancia de adoptar prácticas sostenibles en la ingeniería y la ciencia de materiales.

La historia evolutiva de los inhibidores, desde los métodos tradicionales hasta las alternativas ecológicas, refleja la continua adaptación de la comunidad científica a las demandas de un mundo que busca soluciones seguras y respetuosas con el medio ambiente. El uso de los EPIC no sólo se presenta como una respuesta a los desafíos actuales, sino también como una conexión invaluable entre la ciencia y la sabiduría acumulada por la naturaleza a lo largo de millones de años de evolución.

A pesar de los avances significativos persisten desafíos, como la variabilidad en la composición de los extractos y la necesidad de estudios más amplios para evaluar su eficiencia en diversas aplicaciones y medios. Sin embargo, la creciente conciencia de crear un mundo

sostenible impulsa la investigación hacia soluciones alineadas con los valores ecológicos. La alianza entre plantas y prevención de la corrosión representa un paso adelante hacia un mañana más sostenible, ya que los extractos vegetales se muestran como una opción prometedora en la protección contra la corrosión para este siglo. Desde la investigación de laboratorio hasta la aplicación industrial, la convergencia de la ciencia y la naturaleza abre nuevas vías para la protección de metales, al mismo tiempo que abraza la responsabilidad ambiental y la seguridad. Este viaje nos recuerda que, en la búsqueda de soluciones, la naturaleza sigue siendo nuestra maestra más sabia.

Referencias

- Al-Amiery, A. A. y Al-Azzawi, W. K. (2023). Organic synthesized inhibitors for corrosion protection of carbon steel: a comprehensive review. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 9(4), 74. <https://doi.org/10.1007/s40735-023-00791-4>
- Alhaffar, M. T., Umoren, S. A., Obot, I. B. y Ali, S. A. (2018). Isoxazolidine derivatives as corrosion inhibitors for low carbon steel in HCL solution: Experimental, theoretical and effect of KI studies. *RSC Advances*, 8(4), 1764-1777. <https://doi.org/10.1039/C7RA11549K>
- ASTM International-Standards Worldwide (2023). 125 Years of ASTM. sp. <https://www.astm.org/about/125th-anniversary/astm-timeline.html>
- Chauhan, D. S., Verma, C. y Quraishi, M. A. (2021). Molecular structural aspects of organic corrosion inhibitors: experimental and computational insights. *Journal of Molecular Structure*, 1227, 129374. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129374>
- Chowdhury, M. A., Ahmed, M. M. S., Hossain, N., Islam, M. A., Islam, S. y Rana, M. M. (2023). Tulsi and green tea extracts as efficient green corrosion inhibitor for the corrosion of aluminum alloy in acidic medium. *Results in Engineering*, 17, 100996. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100996>
- Clark, J. (2023). Genome evolution in plants and the origins of innovation. *New Phytologist Foundation*, 240(6), 2204-2209. <https://doi.org/10.1111/nph.19242>
- Da Costa, M. A. J. L., de Gois, J. S., Toaldo, I. M., Favilla Bauerfeldt, A. C., Batista, D. B., Bordignon-Luiz, M. T., do Lago, D. C. B., Luna, A. S. y de Senna, L. F. (2020). Optimization of espresso spent ground coffee waste extract preparation and the influence of its chemical composition as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in acid medium. *Materials Research*, 23(5), e20190591. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2019-0591>
- De Damborenea, J., Conde, A. y Arenas, M. A. (2014). 3-Corrosion inhibition with rare earth metal compounds in aqueous solutions. En M. Forsyth y B. Hinton (eds.), *Rare Earth-Based Corrosion Inhibitors* (pp. 84-116). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857093585.84>

- Dehghani, A. y Ramezanzadeh, B. (2023). *Rosemary* extract inhibitive behavior against mild steel corrosion in tempered 1 M HCl media. *Industrial Crops and Products*, 193, 116183. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116183>
- Dillmann, P., Watkinson, D., Angelini, E. y Adriaens, A. (2013). 1 - Introduction: conservation versus laboratory investigation in the preservation of metallic heritage artefacts. En P. Dillmann, D. Watkinson, E. Angelini y A. Adriaens (eds.), *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts* (pp. 1-5). EFC Series 65, Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781782421573.1>
- Eid, S., Syam, S. M., El-Etre, A. Y. y Sayed, N. H. E. (2023). Surface, electrochemical, and theoretical investigation on utilizing olive leaf extract as green Inhibitor for copper corrosion in alkaline environment. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(1), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-07940-4>
- Hermoso-Díaz, I. A., Foroozan, A. E., Flores-De los Ríos, J. P., Landeros-Martínez, L. L., Porcayo-Calderón, J., González-Rodríguez, J. G. (2019). Electrochemical and quantum chemical assessment of linoleic acid as a corrosion inhibitor for carbon steel in sulfuric acid solution. *Journal of Molecular Structure*, 1197, 535-546. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.07.085>
- Hermoso-Díaz, I. A., López-Cecenes, R., Flores-De los Ríos, Landeros-Martínez, L. L., Sarmiento-Bustos, E., Uruchurtu-Chavarín, J. y González-Rodríguez, J. G. (2021). Experimental and theoretical studies of α -linolenic acid as green corrosion inhibitor for carbon steel in 0.5 M sulfuric acid. *Molecules*, 26(20), 6169. <https://doi.org/10.3390/molecules26206169>
- Hermoso-Díaz, I. A., Velázquez-González, M. A., Lucio-García, M. A., González-Rodríguez, J. G. (2014). A study of *Salvia hispanica* as green corrosion inhibitor for carbon steel in sulfuric acid. *Chemical Science Review and Letters*, 5(2), 55-64. https://chesci.com/wp-content/uploads/2016/10/V3i11_37_CS05204508.pdf
- Kaczerewska, O., Leiva-Garcia, R., Akid, R., Brycki, B., Kowalczyk, I. y Pospieszny, T. (2018). Effectiveness of O-bridged cationic gemini surfactants as corrosion inhibitors for stainless steel in 3M HCL: experimental and theoretical studies. *Journal of Molecular Liquids*, 249, 1113-1124. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.11.142>
- Kliebenstein, D. J. y Kvitko, B. H. (2023). Better living through phytochemistry: "Phytoavengins" and reappraising the production-focused dichotomy for defensive phytochemicals. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125, 101978. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101978>
- Koch, G. (2017). 1-Cost of corrosion. En A. M. El-Sherik (ed.), *Trends in oil and gas corrosion research and technologies* (pp. 3-30). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101105-8.00001-2>

- Lavanya, M., Ghosal, J. y Rao, P. (2023). A comprehensive review of corrosion inhibition of aluminium alloys by green inhibitors. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 63(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/00084433.2023.2190198>
- Liao, B., Ma, S., Zhang, S., Li, X., Quan, R., Wan, S. y Guo, X. (2023). Fructus cannabis protein extract powder as a green and high effective corrosion inhibitor for Q235 carbon steel in 1 M HCL solution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 239, 124358. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124358>
- Machado Fernandes, C., Pina, V. G. S. S., Alvarez, L. X., de Albuquerque, A. C. F., dos Santos Júnior, F. M., Barrios, A. M., Velasco, J. A. C. y Ponzio, E. A. (2020). Use of a theoretical prediction method and quantum chemical calculations for the design, synthesis and experimental evaluation of three green corrosion inhibitors for mild steel. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 599, 124857. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124857>
- Méndez, C. M., Gervasi, C. A., Pozzi, G. y Ares, A. E. (2023). Corrosion inhibition of aluminum in acidic solution by *Ilex paraguariensis* (Yerba Mate) extract as a green Inhibitor. *Coatings*, 13(2), 434. <https://doi.org/10.3390/coatings13020434>
- Miralrio, A. y Espinosa Vázquez, A. (2020). Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: a review. *Processes*, 8(8), 942. <https://doi.org/10.3390/pr8080942>
- Nazari, A., Ramezanzadeh, B., Guo, L. y Dehghani, A. (2023). Application of green active bio-molecules from the aquatic extract of *Mint* leaves for steel corrosion control in hydrochloric acid (1M) solution: Surface, electrochemical, and theoretical explorations. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 656, 130540. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.130540>
- Pal, A. y Das, C. (2022). New eco-friendly anti-corrosion inhibitor of purple rice bran extract for boiler quality steel: experimental and theoretical investigations. *Journal of Molecular Structure*, 1251, 131988. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131988>
- Putilova, I. N. (1960). *Metallic corrosion inhibitors* (E. Bishop ed.). Pergamon Press.
- Rahmani, M. H., Dehghani, A., Salamati, M., Bahlakeh, G. y Ramezanzadeh, B. (2023). Mango extract behavior as a potent corrosion inhibitor against simulated chloride-contaminated concrete pore solution; coupled experimental and computer modeling studies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 130, 368-381. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.09.040>
- Ribeiro Maestro, C. A. R., de Sousa Malafaia, A. M., Fonseca Silva, C., Soares Nascimento Jr., C. S., Bastos Borges, K., Araújo Simões, T., Rosa Capelossi, V. y Santos Bueno, A. H. (2023). Corrosion resistance improvement of mild steel in different pH using peel garlic

- green inhibitor. *Materials Chemistry and Physics*, 305, 127971. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127971>
- Saleem, S., UI Mushtaq, N., Shah, W. H., Rasool, A., Hakeem, K. R. y UI Rehman, R. (2022). Beneficial role of phytochemicals in oxidative stress mitigation in plants. En T. Aftab y K. R. Hakeem (eds.), *Antioxidant defense in plants: molecular basis of regulation* (pp. 435-451). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7981-0_20
- Salleh, S. Z., Yusoff, A. H., Zakaria, S. K., Taib, M. A. A., Abu Seman, A., Masri, M. N., Mohamad, M., Mamat, S., Ahmad Sobri, S., Ali, A. y Teo, P. T. (2021). Plant extracts as green corrosion inhibitor for ferrous metal alloys: A review. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127030. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127030>
- Sastri, V. S. (2012). *Green corrosion inhibitors: theory and practice*. John Wiley & Sons. <http://doi.org/10.1002/9781118015438>
- Shanmugapriya, R., Ravi, M., Sanmugapriya, R., Ramasamy, M., Maruthapillai, A. y Selvi, J. A. (2023). Electrochemical and Morphological investigations of *Elettaria cardamomum* pod extract as a green corrosion inhibitor for Mild steel corrosion in 1 N HCL. *Inorganic Chemistry Communications*, 154, 110958. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.110958>
- Sotelo, O., Henao, J., Vazquez-Velez, E., Poblano-Salas, C. A. y Martinez-Valencia, H. (2023). Corrosion inhibition studies of synthesized oleic sources-based green inhibitors from agro-industrial waste. En *Handbook of Research on Corrosion Sciences and Engineering* (pp. 362–382). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7689-5.ch013>
- Umoren, S. A., Solomon, M. M. y Saji, V. S. (2020). Corrosion inhibitors for sour oilfield environment (H₂S Corrosion). En I. S. Saji y S. A. Uromen (eds.), *Corrosion inhibitors in the oil and gas industry* (pp. 229-254). Wiley-VCH Verlag. <https://doi.org/10.1002/9783527822140.ch8>
- Verma, D. K., Aslam, R., Aslam, J., Quraishi, M. A., Ebenso, E. E. y Verma, C. (2021). Computational modeling: theoretical predictive tools for designing of potential organic corrosion inhibitors. *Journal of Molecular Structure*, 1236, 130294. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130294>
- Verma, C., Ebenso, E. E., Bahadur, I. y Quraishi, M. A. (2018). An overview on plant extracts as environmental sustainable and green corrosion inhibitors for metals and alloys in aggressive corrosive media. *Journal of Molecular Liquids*, 266, 577-590. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.110>
- Verma, C., Lgaz, H., Verma, D. K., Ebenso, E. E., Bahadur, I., y Quraishi, M. A. (2018). Molecular dynamics and Monte Carlo simulations as powerful tools for study of interfacial adsorption behavior of corrosion inhibitors in aqueous phase: a review. *Journal of Molecular Liquids*, 260, 99-120. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.03.045>

- Verma, C., Obot, I. B., Bahadur, I., Sherif, E.-S. M. y Ebenso, E. E. (2018). Choline based ionic liquids as sustainable corrosion inhibitors on mild steel surface in acidic medium: Gravimetric, electrochemical, surface morphology, DFT and Monte Carlo simulation studies. *Applied Surface Science*, 457, 134-149. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.06.035>
- Verma, C. y Quraishi, M. A. (2021). Recent progresses in Schiff bases as aqueous phase corrosion inhibitors: design and applications. *Coordination Chemistry Reviews*, 446, 214105. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214105>
- Verma, C., Quraishi, M. A. y Ebenso, E. E. (2018). Microwave and ultrasound irradiations for the synthesis of environmentally sustainable corrosion inhibitors: an overview. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 10, 134-147. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.11.001>
- Verma, C., Quraishi, M. A. y Rhee, K. Y. (2022). Electronic effect vs. molecular size effect: experimental and computational based designing of potential corrosion inhibitors. *Chemical Engineering Journal*, 430, parte 1, 132645. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.132645>
- Vorobyova, V. y Skiba, M. (2021). Peach pomace extract as novel cost-effective and high-performance green inhibitor for mild steel corrosion in NaCl solution: experimental and theoretical. *Waste and Biomass Valorization*, 12(7), 4623-4641. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01333-6>
- Wang, H., Deng, S., Du, G. y Li, X. (2023). Synergistic mixture of *Eupatorium adenophora* spreng leaves extract and KI as a novel green inhibitor for steel corrosion in 5.0 M H₃PO₄. *Journal of Materials Research and Technology*, 23, 5082-5104. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.160>
- Wang, Q., Wu, X., Zheng, H., Liu, L., Zhang, Q., Zhang, A., Yan, Z., Sun, Y., Li, Z. y Li, X. (2023). Evaluation for *Fatsia japonica* leaves extract (FJLE) as green corrosion inhibitor for carbon steel in simulated concrete pore solutions. *Journal of Building Engineering*, 63, parte B, 105568. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105568>
- Xiao, L., Sun, Y. y Tsao, R. (2022). Paradigm shift in phytochemicals research: evolution from antioxidant capacity to anti-inflammatory effect and to roles in gut health and metabolic syndrome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(28), 8551-8568. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c02326>
- Zhang, Q., Zhang, R., Wu, R., Luo, Y., Guo, L. y He, Z. Y. (2023). Green and high-efficiency corrosion inhibitors for metals: a review. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 37(9), 1501-1524. <https://doi.org/10.1080/01694243.2022.2082746>
- Zlatić, G., Martinović, I., Pilić, Z., Pau, A., Mitar, I., Prkić, A. y Čulum, D. (2023). Green inhibition of corrosion of aluminium alloy 5083 by *Artemisia annua* L. extract in artificial seawater. *Molecules*, 28(7), 2898. <https://doi.org/10.3390/molecules28072>

ARTÍCULOS

Violencias contra las mujeres y su derecho a la protección internacional en México

Violence against women and their right to international protection in Mexico

Amarilis Pérez Vera

ORCID: 0000-0002-0112-0704, amarilis.perez@flacso.edu.mx

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Sede México

Recepción: 30/09/23. Aceptación: 13/03/24. Publicación: 30/08/24

RESUMEN

El objetivo de este artículo es mostrar cómo las diferentes violencias que se ejercen contra las mujeres migrantes en busca de refugio podrían obstaculizar de manera parcial o definitiva su acceso a la protección internacional en México. Se presenta un caso emblemático; el impacto de la pandemia de COVID-19 en el retroceso de los derechos de las mujeres, y el ámbito normativo vigente en México para garantizar que las mujeres migrantes y refugiadas accedan a los derechos humanos, la justicia y la equidad. Finalmente, se exponen algunas de las dificultades que todavía enfrentan específicamente las mujeres refugiadas y se mencionan algunas propuestas.

PALABRAS CLAVE

violencia de género, mujeres, refugiadas, México

ABSTRACT

The objective of this article is to demonstrate how violence against refugee women could partially or definitively hinder their access to international protection in Mexico. We will present an emblematic case; the impact of the COVID-19 pandemic on the regression of women's rights. Subsequently, and the current legal framework in Mexico to ensure that migrant and refugee women have access to human rights, justice, and equity. Finally, we will outline some of the obstacles that refugee women still specifically face and provide conclusions.

KEYWORDS

gender violence, women, refugees, Mexico

Introducción

En la última década se observa un incremento en el número de solicitudes a la Comisión Mexicana de Ayuda a Refugiados (COMAR). Como característica particular de este fenómeno, se encuentra una creciente cantidad de mujeres solicitantes, quienes han viajado solas, con sus familias o con amigos y amigas. En este sentido, la coyuntura sugiere la importancia de conocer cuáles son las dificultades específicas que ellas están enfrentando para tener acceso a la protección internacional. La hipótesis de este trabajo es que la desigualdad de género y sus expresiones en la violencia de género y en la violencia contra la mujer podrían entorpecer o impedir el acceso al reconocimiento de la condición de refugiado.

Para este estudio se hizo una revisión de la literatura con la intención de ajustar el concepto de violencia de género contra las mujeres y vislumbrar el estado actual del conocimiento sobre esta problemática, particularmente en el caso de personas migrantes y refugiadas. Además, se consultaron documentos obtenidos mediante la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) para conocer especificidades del procedimiento de solicitud a la COMAR, características sociodemográficas de las mujeres refugiadas, así como las causales de solicitud y vulnerabilidades detectadas durante la entrevista inicial (COMAR, 2018; 2022; 2023). De igual forma, se entrevistó a diferentes actores de la migración y del sistema de refugiados en México y se hizo observación *in situ* y participante en albergues de la Ciudad de México y de los estados de Veracruz y Tabasco. Para analizar los datos recabados, se recurrió a algunas operaciones de estadística descriptiva y al análisis de contenido y temático.

Existen diferentes interpretaciones y fundamentos que definen la violencia de género. La Organización de las Naciones Unidas para las Mujeres ([ONU Mujeres], sf) ha establecido que esta violencia es aquella que se inflige o se amenaza con infligir contra una persona en razón de su género o su sexo, tanto en el ámbito público como en el privado, por actores individuales, comunitarios o estatales, que repercute negativamente en la salud psicofísica, el desempeño psicosocial y la existencia misma de la persona, como ocurre con el feminicidio. Se puede decir que la violencia de género es una expresión de las relaciones de poder con base en los roles y las normas de género, que en la actualidad están definidas por un tipo de relación que es la dominación masculina (Bourdieu, 2007; Ramos Escandón, 1991).

Un caso entre muchos

Según la Recomendación No. 83/2020 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH, 2020), una mujer venezolana ingresó a México en agosto de 2011. Al llegar, quien la recibió le retiró sus documentos de identidad y la explotó sexualmente. En mayo de 2012, esta mujer fue detenida, acusada del delito de trata de personas y permaneció en prisión seis años, cuando fue declarada víctima.

En julio de 2018, el Centro Femenil de Reinserción Social Santa Martha Acatitla la trasladó a la Estación Migratoria Las Agujas, donde expresó haber sido víctima de este delito, estar casada con un mexicano y tener el deseo de iniciar el procedimiento de reconocimiento de la condición de refugiada. Según la recomendación citada, tanto el Instituto Nacional de Migración (INM) como la COMAR cometieron omisiones. Sólo tras averiguaciones donde se verificó la identidad de esta mujer y su matrimonio, se le permitió continuar su procedimiento en libertad. A finales de marzo de 2019, la COMAR la reconoció como refugiada.

Este caso pone de manifiesto las complejas condiciones de vulnerabilidad y las graves violaciones a los derechos de una mujer migrante en razón de su género y de su condición extranjera, ya que fue víctima del delito de robo de documentos de identidad y sobreviviente de trata con fines de reclutamiento y prostitución forzada. Su historia es un reflejo de múltiples omisiones al debido proceso tanto en el orden penal y civil como en el administrativo, que le impidieron durante años el acceso a la justicia y a la protección internacional. Además, esta historia es representativa de las experiencias de otras mujeres en contexto de movilidad, que constituyen las cifras en negro de la violencia de género contra las personas migrantes y refugiadas.

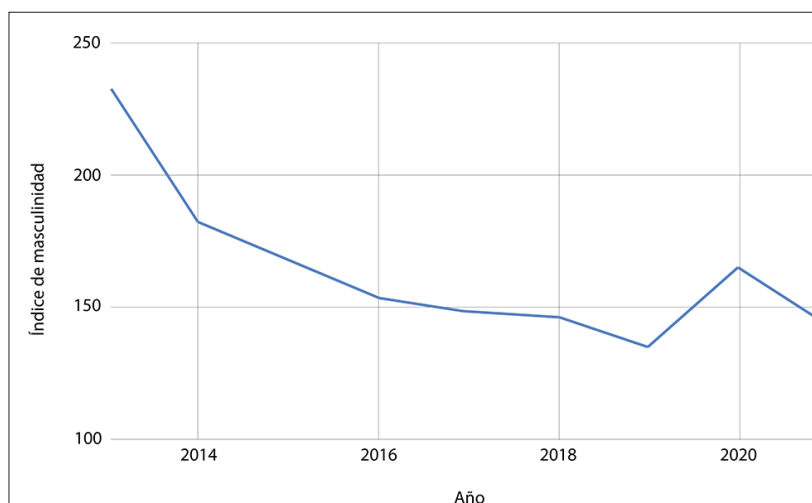
Entre 2012 y 2019, el INM detectó que 34 mujeres habían sido víctimas de los delitos de homicidio en grado de tentativa, trata de personas, privación ilegal de la libertad, secuestro y violación. De ellas, doce eran hondureñas, nueve guatemaltecas, ocho colombianas, cuatro venezolanas y una cubana. Hasta el momento en que se generó el documento de consulta en la PNT, tres venezolanas habían accedido al retorno asistido y el resto a la regularización migratoria por razones humanitarias (Instituto Nacional de Migración [INM], 2020).

En 2022, el INM detectó que cuatro mujeres colombianas, una hondureña, una guatemalteca y una argentina, cuya edad mediana era de 26 años, habían sido sobrevivientes de trata de personas con fines de prostitución ajena y explotación sexual. La mujer guatemalteca obtuvo la regularización migratoria por razones humanitarias y las otras optaron por el retorno asistido a su país de origen (INM, 2023). En entrevista personal, un exoficial del INM planteó que en ocasiones las mujeres no quieren declararse víctimas y prefieren salir del país por temor a la persecución y a represalias por parte de los tratantes.

Panorama actual para las mujeres migrantes y refugiadas

El informe *El silencio que cargo: revelando la violencia de género en el desplazamiento forzado. Guatemala y México. Informe exploratorio*, de la Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR, 2018), asegura que, entre el 24% y el 80% de las mujeres migrantes y solicitantes del reconocimiento del estatuto de refugiado en México experimentan alguna forma de violencia sexual. La antropóloga estadounidense Lynn Stephen (2016) ha retomado la noción de *paisajes de violación (rapescapes)* para referirse a la frontera entre México

Gráfica 1
Comportamiento del número de hombres por cada cien mujeres (2013-2021)



Fuente: elaboración propia con datos de la COMAR (2022).

y Estados Unidos como un espacio producido en términos simbólicos y materiales como masculinizado y militarizado, donde se ejerce la violación como una tecnología de dominación al servicio del sistema genérico y como una estructura jerárquica de prestigio (Ramos Escandón, 1991). Pero este criterio bien podría describir algunas otras localidades a lo largo y ancho del territorio mexicano.

Este cuadro se exacerbó durante la pandemia de COVID-19. Por una parte, diversos estudios señalaron que las mujeres fueron las principales perjudicadas, ya que son más vulnerables ante la desigualdad y la violencia de género. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021) y Oxfam (2021) afirmaron en comunicados de prensa que, en este periodo de emergencia sanitaria, hubo un retroceso de más de una década en los derechos de las mujeres en el ámbito laboral, la salud reproductiva, la educación y la seguridad alimentaria. Por otra parte, ONU Mujeres México (2021) declaró que las medidas sanitarias repercutieron negativamente en la operatividad de las organizaciones humanitarias gubernamentales y no gubernamentales. Mientras tanto, actuaban simultáneamente los obstáculos para denunciar la violencia, que oscilan entre el temor a la deportación y a represalias y la revictimización por parte de las autoridades responsables. Este panorama es notable en Tapachula, Chiapas, donde históricamente se ha reportado el mayor número de solicitudes a la COMAR (2018; 2022; 2023).

Según cifras públicas de esa institución, entre 2016 y 2023 se observó un incremento del 100% o más con respecto a cada año previo. En la gráfica 1 se aprecia la correlación entre el

número de solicitantes hombres y mujeres entre 2013 y 2021. En la imagen se puede apreciar que ha habido un descenso constante del índice de masculinidad, excepto en el primer año de la pandemia, cuando se invirtió abruptamente esta tendencia.

Antes de estos cambios drásticos debido a la política migratoria en América del Norte y a las consecuencias económicas, políticas y sociales de la pandemia, conocemos, mediante la respuesta a una solicitud de información (COMAR, 2018), que en el periodo que comprende 2015 y el primer semestre de 2017 se recibieron poco más 2,500 solicitudes, con base en persecución por motivos de género, de las cuales sólo el 14% se resolvió otorgando el reconocimiento de la condición de refugiado y el 4% la protección complementaria. Una muestra representativa obtenida del mismo documento sugiere que el 58% de estas solicitudes fueron hechas por mujeres y el 42% por hombres. Las mujeres representan el 58% de los procedimientos abandonados o desistidos, el 52% de las resoluciones negativas, el 62% de las protecciones complementarias otorgadas y el 62% de los reconocimientos de la condición de refugiadas.

También mediante respuesta de la PNT (COMAR, 2023) sabemos que, entre 2017 y marzo de 2023, alrededor de 6,240 solicitudes reportaron violencia de género como motivo, de las cuales el 53% fueron resueltas positivamente y el 2% obtuvo protección complementaria.

Horizonte normativo vigente en materia de migración y refugio

En el libro *Política migratoria en México*, Bobes León y Pardo Montaña (2016) afirman que el marco normativo para personas migrantes en México está compuesto, a nivel federal, por la Ley de Migración y la Ley sobre Refugiados, Protección Complementaria y Asilo Político, con sus respectivos reglamentos, leyes que responden a la reforma constitucional en materia de derechos humanos de 2011, así como a instrumentos internacionales de los que México es parte o signatario. La tendencia de este marco normativo es poner en primer lugar los derechos humanos de las personas; sin embargo, el propio marco constriñe y viola este principio a favor de la preservación de la soberanía y la seguridad nacional. Bajo este fundamento operan mecanismos de control migratorio ejercidos mediante el despliegue de fuerzas castrenses contra personas migrantes y refugiadas, detenciones arbitrarias, expulsiones sin atender el debido proceso (devoluciones *en caliente* o sumarias) y omisiones frente a los delitos.

La Ley de Migración contempla explícitamente una perspectiva de género, garantiza la no discriminación de género y enfatiza la necesidad de prevenir la violencia contra la mujer. Asimismo, respalda el derecho de todo migrante a solicitar el reconocimiento de la condición de refugiado, así como el otorgamiento de protección complementaria o asilo político (Ley de Migración, 2011).

La Ley sobre Refugiados, por su parte, establece que se reconocerá el estatuto de refugiado a las personas foráneas que estén en territorio nacional y no quieran regresar a su país de origen o de residencia habitual porque temen ser perseguidas por motivos de raza, religión,

nacionalidad, género, pertenencia a un grupo social específico u opiniones políticas, o porque su vida, seguridad o libertad estén amenazadas por situaciones de violencia generalizada, agresión extranjera, conflictos internos, violaciones masivas de los derechos humanos y perturbación grave del orden público (Ley sobre Refugiados, art. 13, I-III).

Esta ley, además de decretar explícitamente la persecución por motivos de género como una causal y hacer manifiesto el derecho a la no discriminación con base en el género, dispone la coordinación con otras autoridades en la materia. Igualmente, compromete a la Secretaría de Gobernación con la realización de entrevistas personales que tomen en consideración el género y con el otorgamiento de asistencia institucional a mujeres embarazadas, así como a víctimas de abuso sexual y violencia de género durante su espera de la resolución y una vez obtenido el reconocimiento.

Existen alrededor de diecinueve instrumentos legales a nivel federal en materia de género y migración internacional que protegen de forma específica los derechos de las mujeres a una vida libre de violencia, a la educación, a la salud, a la cultura, a la justicia, al empleo, a la libertad, entre otros más. Por otra parte, corresponde al Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) trabajar coordinadamente con el INM en la prevención de la violencia contra la mujer, impulsar el mejoramiento de las condiciones sociales de este grupo, erradicar todas las formas de discriminación en su contra y capacitar a las autoridades migratorias en materia de igualdad de género.

A pesar de este aparato normativo, sobreviven diversas prácticas obstructivas y disuasivas que dificultan o llegan a impedir que las solicitantes alcancen la protección internacional que necesitan.

Obstáculos que enfrentan las mujeres refugiadas

Mediante entrevistas a trabajadores y voluntarios de organizaciones no gubernamentales, se señala que la violencia intrafamiliar, doméstica o de pareja es la más recurrente y se piensa que guarda relación con la idea de que tanto la mujer como los hijos deben obedecer al hombre y que de alguna manera les pertenecen.

Igualmente, se percibe que las mujeres refugiadas de origen salvadoreño, hondureño y guatemalteco provienen de contextos culturales y sociales en los que la violencia contra la mujer es normalizada, tolerada e ignorada por las normas sociales y legales en mayor medida que en México, donde constituye un problema de salud pública. De hecho, algunas investigadoras han señalado —en estos casos, pero también en otros— que este tipo de violencia es una forma específica de la violencia estatal que se ejerce en contextos antidemocráticos, donde ocurren violaciones masivas a los derechos humanos, y de los conflictos armados, con lo que se destaca la naturaleza política de este tipo de violencia (Greatbatch, 1989; Sanford, 2008; Stephen, 2017).

Además de esto, se advierten irregularidades al momento de que la población ingresa a México e inicia el procedimiento. Las personas migrantes tienen derecho a hacer la solicitud en cuanto entran al país; sin embargo, muchas deciden avanzar en el trayecto antes de iniciar el trámite por temor a las devoluciones *en caliente* o a la detención migratoria, donde podrían ser disuadidas, engañadas o atemorizadas por oficiales del INM para que firmen el retorno voluntario.

Aparte de estas dificultades, las mujeres enfrentan otras. En el caso de las familias, generalmente son los hombres quienes figuran como titulares del trámite ante la COMAR. Esto se debe a varios factores, entre ellos, los roles de género, la conveniencia, el desconocimiento de sus derechos o las omisiones de las autoridades competentes durante la entrevista inicial, donde a veces no se crea el entorno apropiado para que las mujeres se expresen libremente, sin temor. Estos detalles administrativos durante el procedimiento evidencian que no siempre existen las condiciones para detectar, identificar y atender la violencia contra las mujeres según los protocolos vigentes. Además, la titularidad da cierta ventaja a los hombres porque hay evidencias de que podrían usar el comprobante de inicio de trámite a su favor para mantener a las mujeres a su lado en una relación de codependencia legal. Si ellas deciden separarse, deberán iniciar nuevamente la solicitud, incluso cuando existan los mecanismos para evitar esta situación.

Asimismo, durante el tiempo de espera de la resolución se han identificado otros problemas relacionados con el acceso a la educación de los hijos, a la salud reproductiva, al empleo, a la justicia, a la seguridad alimentaria y física, así como a la atención psicológica.

Si la mujer fuera víctima de algún delito, pero específicamente de violencia de género, está limitada en la búsqueda de ayuda o apoyo por temor a represalias o a la deportación. En caso de que decida iniciar una denuncia podría ser revictimizada. Si una denuncia no procede y no se le ofrece protección inmediata, la inseguridad de la mujer aumenta. Ella se puede ver obligada a permanecer en una situación de riesgo o, por el contrario, a huir por sus propios medios, lo que agudiza su situación de vulnerabilidad. Además, cuando un solicitante de la condición de refugiado abandona el procedimiento enfrenta grandes dificultades para reiniciarlo. Incluso en casos donde la persona tiene pruebas contundentes de por qué no dio continuidad a su solicitud, afronta largos procesos legales antes de lograr el reconocimiento.

Conclusiones

La violencia que enfrentan las mujeres solicitantes del reconocimiento de la condición de refugiadas en México no nos es ajena. Está inserta en un entramado de violencias que afectan a la sociedad mexicana desde hace varias décadas. Entre las más graves se encuentran el feminicidio, la trata de personas, el desplazamiento y la desaparición forzada. Todo ello, frente a un contexto de subrepresentación e impunidad. Falta de protección, injusticia y, en

definitiva, sufrimiento prolongado son experiencias en las que se habrán de reconocer también mexicanos y mexicanas.

Diferentes actores del sistema de refugiados y de la sociedad civil han intervenido para mitigar estos graves problemas. Primero, es importante no criminalizar la migración indocumentada y, con ello, deslindar este fenómeno de la tendencia a la securitización para atenuar el efecto de persecución que se produce sobre estos grupos. Asimismo, urge habilitar vías y mecanismos efectivos para la regularización migratoria. Ya estamos viendo, incluso en el espacio público, los impactos negativos de las condiciones de vida adversas impuestas a estas personas. Dicho esto, también es importante atender “los cuidados” en contextos de movilidad humana, que recaen, muchas veces y de manera desproporcionada, sobre las mujeres.

En lo que respecta específicamente a la violencia de género y a la violencia contra las mujeres, existen leyes, reglamentos, mecanismos y vías de capacitación ya instituidos, pero la realidad dista de su aplicación efectiva. Entonces, se puede intuir como alternativa continuar fortaleciendo el trabajo en la base. Por ejemplo, hacer más extensiva la existencia de protocolos de género y redes de apoyo en refugios, albergues, escuelas y centros de trabajo; garantizar la igualdad de género y el acceso a la salud, a la educación y a los empleos dignos; fomentar la participación activa de las mujeres refugiadas en la vida organizacional y en la toma de decisiones del propio sistema de refugiados en todos los niveles, y por último, sin menoscabo de la atención inmediata y directa que requieren las personas sobrevivientes de delitos graves, se debe pensar con ellas en otras formas de obtener la reparación del daño y la justicia. Estos son sólo algunos de los caminos para promover que las mujeres nos reconozcamos a nosotras mismas como “sujetas sociales, históricas, políticas, económicas y epistémicas” (Monzón, 2022, p. 71).

Referencias

- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (2018). *Guatemala y México: El silencio que carga. Revelando la violencia de género en el desplazamiento forzado. Informe exploratorio 2018*. ACNUR. <https://www.refworld.org/es/ref/inforreg/acnur/2018/es/128594>
- Bobes León, V. C. y Pardo Montaña, A. M. (2016). *Política migratoria en México. Legislación, imaginarios y actores*. FLACSO México.
- Bourdieu, P. (2007). *La dominación masculina* (5ª ed., J. Jordá Trad.). Anagrama.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021). La pandemia del COVID-19 generó un retroceso de más de una década en los niveles de participación laboral de las mujeres en la región. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-pandemia-covid-19-genero-un-retroceso-mas-decada-niveles-participacion-laboral>

- Comisión Mexicana de Ayuda a Refugiados (17 de enero de 2018). Respuesta a la solicitud de información pública No. 0422000031217. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://buscador.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/buscadornacional?buscador=0422000031217&coleccion=5>
- Comisión Mexicana de Ayuda a Refugiados (28 de febrero de 2022). Respuesta a la solicitud de información pública No. 330011522000018. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://buscador.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/buscadornacional?buscador=330011522000018&coleccion=5>
- Comisión Mexicana de Ayuda a Refugiados (12 de abril de 2023). Respuesta a la solicitud de información pública No. 330011523000038. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://buscador.plataformadetransparencia.org.mx/es/web/guest/buscadornacional?buscador=330011523000038&coleccion=5>
- Comisión Nacional de Derechos Humanos (16 de diciembre de 2020). Recomendación No. 83/2020. Sobre el caso de violación al derecho humano a la seguridad jurídica, en agravio de V, persona extranjera víctima de delito en materia de trata de personas. CNDH. <https://www.cndh.org.mx/documento/recomendacion-832020>
- Greatbatch, J. (1989). The gender difference: feminist critiques of refugee discourse. *International Journal of Refugee Law*, 1(4), 518-527. <https://doi.org/10.1093/ijrl/1.4.518>
- Instituto Nacional de Migración (7 de febrero de 2020). Respuesta a la solicitud de información pública No. 0411100004720. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://buscador.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/buscadornacional?buscador=0411100004720&coleccion=5>
- Instituto Nacional de Migración (7 de febrero de 2023). Respuesta a la solicitud de información pública No. 330020323000087. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://buscador.plataformadetransparencia.org.mx/web/guest/buscadornacional?buscador=330020323000087&coleccion=5>
- Ley de Migración (25 de mayo de 2011). *DOF, DCXCII*(17), 2-33. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LMigra.pdf>
- Ley sobre Refugiados, Protección Complementaria y Asilo Político (27 de enero de 2011). *DOF, DCLXXXVIII*(20), 2-12. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LRPCAP.pdf>
- Monzón, A. S. (2022). Los nudos críticos de la desigualdad de género: reflexiones desde el centro. En *Nudos críticos sobre la desigualdad de género* (pp. 71-79). CLACSO. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2v88fbr.5>
- ONU Mujeres (sf). Preguntas frecuentes: tipos de violencia contra las mujeres y las niñas. ONU Mujeres. <https://www.unwomen.org/es/what-we-do/ending-violence-against-women/faqs/types-of-violence>

- ONU Mujeres México (14 de abril de 2021). Ciudad Juárez: Refugios de mujeres ante la pandemia del COVID-19. ONU Mujeres. <https://mexico.unwomen.org/es/noticias-y-eventos/articulos/2021/04/ciudad-juarez-refugios-de-mujeres-ante-la-pandemia-de-covid19>
- Oxfam Internacional (29 de abril de 2021). Las mujeres han dejado de recibir 800 000 millones de dólares de ingreso a nivel mundial debido a la pandemia. Oxfam International, sp. <https://www.oxfam.org/es/notas-prensa/las-mujeres-han-dejado-de-recibir-800-000-millones-de-dolares-de-ingreso-nivel-mundial>
- Ramos Escandón, C. (comp). (1991). *El género en perspectiva: de la dominación universal a la representación múltiple*. UAM-Iztapalapa.
- Sanford, V. (2008). *Guatemala: del genocidio al feminicidio*. F&G Editores (Cuadernos del Presente Imperfecto, 5).
- Stephen, L. (2016). Gendered transborder violence in the expanded United States-Mexico borderlands. *Human Organization. Journal of the Society for Applied Anthropology*, 75(2), 159-167. <https://doi.org/10.17730/0018-7259-75.2.159>
- Stephen, L. (2017). Violencia transfronteriza de género y mujeres indígenas refugiadas de Guatemala. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, (117), 29-50. <https://doi.org/10.24241/rcai.2017.117.3.29>

ARTÍCULOS

Actitud ambiental en estudiantes universitarios: un estudio con enfoque de género

Environmental attitude in university students: a study with a gender focus

Catalina Vargas Ramos

ORCID: 0000-0001-5001-1128, cathy_vargas@yahoo.com

Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros (UAMM),
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)

Tirso Durán Badillo

ORCID: 0000-0002-7274-3511, tduran@docentes.uat.edu.mx

Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros (UAMM),
Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT)

Recepción: 21/09/23. Aceptación: 14/03/24. Publicación: 27/08/24

RESUMEN

El objetivo de este artículo es describir las actitudes ambientales y establecer las diferencias por género en estudiantes de la Licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente. En un estudio descriptivo y transversal en 81 estudiantes se aplicó la escala de actitudes hacia temas ambientales. La muestra estudiada presentó una actitud negativa en la facilitación, la energía y el transporte. En el análisis por género las mujeres mostraron una mayor actitud positiva en la escala global y en las dimensiones de valoración, energías, reciclaje y contaminación. Se recomienda el análisis de las políticas públicas y de la disposición de los recursos económicos para facilitar el cuidado ambiental.

PALABRAS CLAVE

actitud ambiental, ambientalización, desarrollo sustentable, programa educativo, transversalidad

ABSTRACT

The objective of this article is to describe the environmental attitudes and establish the differences by gender in students of the Safety Health and Environment Degree. In a descriptive and cross-sectional study in 81 students, the scale of attitudes towards environmental issues was applied. It was found that the sample studied had a negative attitude towards facilitation, energy and transportation. In the analysis by gender, women showed a more positive attitude on the global scale and in the dimensions of valuation, energy, recycling and pollution. It is recommended to analyze public policies and the provision of economic resources to facilitate environmental care.

KEYWORDS

environmental attitude, educational program, greening, mainstreaming, sustainable development

Introducción

En la actualidad, las instituciones educativas tienen el reto de formar estudiantes responsables y cuidadores del medio ambiente, para contribuir en la disminución de los problemas ambientales (García Pereáñez y García Arango, 2020), debido al calentamiento global provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero, la lluvia ácida, el aumento de contaminantes primarios y secundarios, así como la disminución de la biodiversidad, derivada esta última de la contaminación y de las actitudes negativas frente a estos temas. En consecuencia, los problemas ambientales han traído consigo el incremento de sequías e inundaciones que pueden culminar en desastres naturales (Unión de Científicos Conscientes, 2021).

El Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES, 2008) ha incorporado la perspectiva de género en el abordaje de los problemas ambientales, ya que se trata de un fenómeno relevante en América Latina, el cual se ha encontrado que cumple una función fundamental en la realización de cambios ambientales. Se considera que la mujer, en comparación con el hombre, crece con roles de responsabilidad, cuidado y protección, y por medio de valores, cultura, creencias e interpretaciones se encarga del cuidado del medio ambiente.

Antes se pensaba que, en los países del sur, las mujeres eran las principales responsables del deterioro ambiental, debido a que se encargaban, por ejemplo, de la recolección de leña y de la utilización del agua; sin embargo, las investigaciones han evidenciado que ellas han sido quienes se han encargado a lo largo de la historia de proveer de las necesidades básicas a la familia y a la comunidad, por lo que pasaron a ser vistas como víctimas y no como responsables. Por lo anterior, en 1984, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) integró el tema de las mujeres entre sus asuntos prioritarios, para fortalecer su participación en el manejo de los recursos naturales y para que sean vistas como actores y no como instrumentos (Vázquez García, 2003).

Posteriormente se desarrolló la corriente de género y medio ambiente (GMA) para replantear que no por ser mujer se es responsable del deterioro ambiental, sino que en éste influyen diferentes factores, como la clase social, educación, edad, etnia, raza, entre otros (Vázquez García, 2003). Las actitudes ambientales se encuentran entre los factores que pueden ser causales del deterioro ambiental. Desde el análisis de la psicología ambiental se entienden como actitudes ambientales a los pensamientos y opiniones sobre la conservación de los recursos y la protección del medio ambiente (Baldi López y García Quiroga, 2006).

Moreno et al. (2005) crearon una escala de actitudes ambientales hacia problemas específicos que incluye variables actitudinales y ambientales. Las primeras están compuestas por cinco dimensiones psicosociales: la obligación moral, definida como la responsabilidad ante un problema ambiental; la norma social, que incluye las reglas percibidas por la sociedad; la valoración, entendida como el juicio del individuo respecto a la seriedad del problema ambiental; la facilitación, que se entiende como las conductas externas que restringen, facilitan

o cancelan una actividad proambiental determinada, y la información, como el conocimiento con el que cuenta la sociedad. Por su parte, la variable ambiental se divide en tres bloques, que contienen diez problemas considerados como las principales crisis ambientales. El primer bloque, la conservación, comprende los espacios naturales, energía, agua, biodiversidad y reciclaje; el bloque regional y global incluye la contaminación y los químicos, y en el bloque local aparecen las basuras, el transporte y el ruido.

De acuerdo con la revisión de estudios sobre temas ambientales, Moreno et al. (2019) indicaron que estos temas no son prioritarios para los estudiantes, mientras que, en un estudio realizado en México, se reportó que los estudiantes universitarios reflejaron apertura y disposición para el cuidado del medio ambiente y para colaborar en la solución de este tipo de problemas (Pérez Gámez et al., 2021). En lo que respecta al análisis por género, la literatura ha evidenciado discrepancias: en un estudio que se realizó en Perú no se reportaron diferencias estadísticamente significativas (Chumbe Rodríguez, 2021), mientras que, en España, las mujeres tienen mayores actitudes positivas para el cuidado del medio ambiente en comparación con los hombres (Pérez-Franco et al., 2018).

A pesar de que se conoce la participación de las mujeres en la protección del medio ambiente, es necesario realizar investigaciones con enfoque de género, debido a que, en la cultura mexicana, las mujeres continúan asumiendo las funciones de cuidado y protección del entorno familiar y, por lo tanto, de los recursos naturales. Esto constituye una oportunidad, por una parte, de promover en ellas la conciencia de educar a su familia y, por otra parte, de disponer de evidencias científicas que orienten el desarrollo de intervenciones centradas en el género para promover actitudes positivas para el cuidado ambiental en el género masculino, algo que se busca con esta investigación.

En la Unidad Académica Multidisciplinaria Matamoros de la Universidad Autónoma de Tamaulipas se oferta el programa educativo de Licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente, en el que se incluyen asignaturas ambientales desde el primer semestre. Aunque se ha observado que los estudiantes presentan conocimientos sobre el cuidado ambiental, no obstante reflejan actitudes negativas con mayor frecuencia en el género masculino. Por lo anterior, se realizó esta investigación con el objetivo de describir las actitudes ambientales y establecer las diferencias por género en estudiantes de este programa educativo.

Metodología

La investigación se realizó con un diseño descriptivo y transversal. La muestra fue calculada para una población de 105 estudiantes de cuarto, quinto y séptimo semestre, del programa educativo de Licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5%. De ello resultó un tamaño de muestra de 83 estudiantes. Para seleccionar a los estudiantes se aplicó un muestreo probabilístico en técnica

Tabla 1

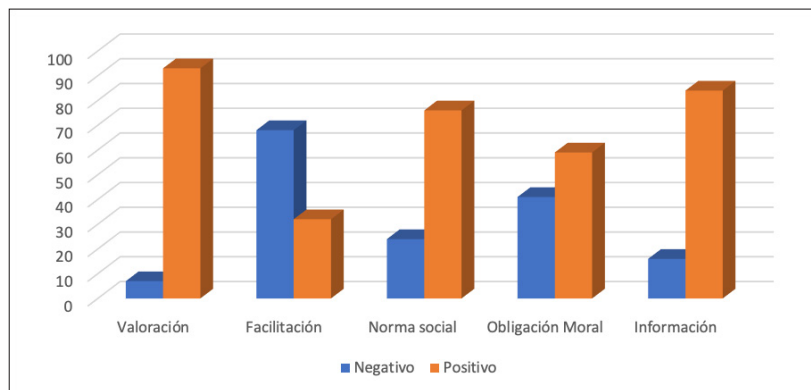
Variable actitudinal frente a temas ambientales

Dimensiones	f	%
<i>Valoración</i>		
Negativa	6	7
Positiva	77	93
<i>Facilitación</i>		
Negativa	56	68
Positiva	27	32
<i>Norma social</i>		
Negativa	20	24
Positiva	63	76
<i>Obligación moral</i>		
Negativa	34	41
Positiva	49	59
<i>Información</i>		
Negativa	13	16
Positiva	70	84

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 1

Distribución porcentual de las dimensiones de la variable actitudinal frente a temas ambientales



Fuente: elaboración propia.

de aleatorización simple. Los criterios de inclusión que se consideraron para esta investigación fueron contar con una edad mínima de 18 años y ser estudiante del programa educativo, para ambos géneros.

Los datos se recabaron mediante la escala de actitudes hacia temas ambientales de Moreno et al. (2005), con un coeficiente alfa de Cronbach de 0.776. La escala consta de cincuenta

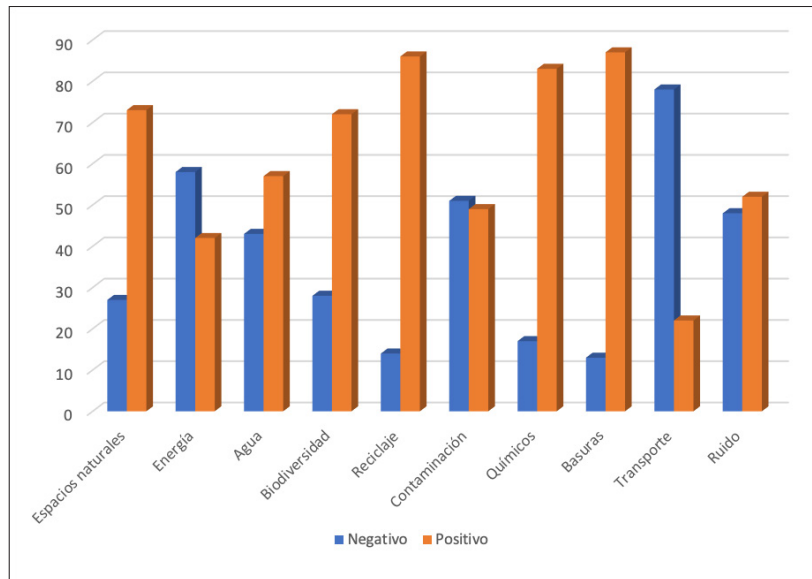
Tabla 2
Actitud sobre problemas ambientales

Problemas ambientales	f	%
Conservación		
<i>Espacios naturales</i>		
Negativo	22	27
Positivo	61	73
<i>Energía</i>		
Negativo	48	58
Positivo	35	42
<i>Agua</i>		
Negativo	36	43
Positivo	47	57
<i>Biodiversidad</i>		
Negativo	23	28
Positivo	60	72
<i>Reciclaje</i>		
Negativo	12	14
Positivo	71	86
Regional y global		
<i>Contaminación</i>		
Negativo	42	51
Positivo	41	49
<i>Químicos</i>		
Negativo	14	17
Positivo	69	83
Local		
<i>Basuras</i>		
Negativo	11	13
Positivo	72	87
<i>Transporte</i>		
Negativo	65	78
Positivo	18	22
<i>Ruido</i>		
Negativo	40	48
Positivo	43	52

Fuente: elaboración propia.

ítems, con respuestas tipo Likert con opciones que oscilan entre uno (nada o casi nada) y cuatro (mucho o totalmente). El instrumento se divide en variables actitudinales y variables ambientales. Las primeras corresponden a la valoración, facilitación, norma social, obligación moral e información, y las segundas incluyen diez problemas ambientales, divididos en tres bloques:

Gráfica 2
Distribución porcentual de las dimensiones de la actitud
sobre problemas ambientales



Fuente: elaboración propia.

el bloque de conservación aborda los espacios naturales, energía, agua, biodiversidad y reciclaje; el bloque regional y global involucra la contaminación y los químicos, y el bloque local aborda aspectos de basuras, transporte y ruido.

En el estudio se cuidaron los aspectos éticos, se protegió la integridad de los sujetos de estudio en todo momento, se dispuso del consentimiento informado y se resguardó la información bajo confidencialidad. Los datos se procesaron y analizaron en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versión 24, por medio de estadística descriptiva. Para el análisis de diferencias, se aplicó previamente la prueba de Kolmogorov Smirnov con Corrección de Lilliefors y, debido a que no se observó distribución normal en las variables, se optó por aplicar la prueba de diferencias *U* de Mann Whitney, por lo que se determinaron diferencias estadísticamente significativas cuando *p* fue menor o igual que .05.

Resultados

Del total de la muestra, el 43% corresponde al género masculino y el 57% al género femenino, con una edad promedio de 19.17 (*DE*= 0.908), de los cuales el 56% (*f*=45) cursa el segundo semestre y el 44% (*f*=36), el cuarto semestre.

En el análisis de la actitud ambiental, en la variable actitudinal, en casi todas las dimensiones psicosociales por arriba del 50% de los estudiantes se observó una actitud positiva, y

Tabla 3

Análisis de diferencias en la actitud ambiental por género de los estudiantes

Variable	Min	Max	Media	DE	U	P
<i>Actitud ambiental global</i>						
Hombres	75	128	109.43	11.27	486.50	.012
Mujeres	82	129	114.30	9.08		
<i>Variable actitudinal</i>						
<i>Valoración</i>						
Hombres	15	31	24.29	3.57	486.500	.001
Mujeres	15	32	26.84	3.48		
<i>Facilitación</i>						
Hombres	13	25	19.13	3.28	796.00	.611
Mujeres	13	26	19.54	2.74		
<i>Norma social</i>						
Hombres	16	26	21.91	2.27	811.00	.712
Mujeres	16	29	22.34	2.80		
<i>Obligación moral</i>						
Hombres	11	27	20.78	3.94	806.00	.679
Mujeres	11	28	21.26	3.51		
<i>Información</i>						
Hombres	17	28	23.29	3.44	726.50	.252
Mujeres	19	31	24.30	2.95		

Fuente: elaboración propia.

únicamente en la dimensión de facilitación el 68% ($f=56$) resultó con actitud negativa (tabla 1; gráfica 1, p. 4).

En relación con la variable ambiental, en el bloque de conservación se encontró que el problema de energía fue el único en el que los estudiantes mostraron tener una actitud negativa (58%, $f=48$); en el bloque regional y global, el problema de contaminación fue el único en el que tuvieron una actitud negativa (49%, $f=51$), y en el bloque local el problema de transporte fue en el que tuvieron una actitud negativa (78%, $f=65$; tabla 2; gráfica 2, pp. 5-6).

Con respecto al análisis de diferencias se hizo una revisión por género, donde se encontró que la actitud ambiental global ($p=.012$) y la dimensión de valoración actitudinal ($p=.001$) tienen puntuaciones diferentes al compararlas entre hombres y mujeres, y en ambos casos se observaron puntuaciones más altas en mujeres (tabla 3).

Por otra parte, al analizar la valoración de los problemas ambientales de acuerdo con el género de los estudiantes, se observó que, en el bloque de conservación, los problemas de energías ($p=.018$) y reciclaje ($p=.015$) fueron diferentes entre hombres y mujeres, con puntuaciones más altas en el género femenino. En el bloque regional y global, el problema de contaminación presentó diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con el género

Tabla 4**Análisis de diferencias de la variable ambiental por género de los estudiantes**

Variable ambiental	Min	Max	Media	DE	U	P
Conservación						
<i>Espacios naturales</i>						
Hombres	7	17	11.45	2.11	753.50	.365
Mujeres	9	16	11.82	1.81		
<i>Energías</i>						
Hombres	6	16	9.54	2.07	595.50	.018
Mujeres	7	18	10.69	2.25		
<i>Agua</i>						
Hombres	7	19	10.43	2.68	650.00	.063
Mujeres	6	17	11.23	2.17		
<i>Biodiversidad</i>						
Hombres	8	15	11.43	1.75	836.00	.889
Mujeres	8	19	11.58	2.39		
<i>Reciclaje</i>						
Hombres	6	18	12.05	2.51	587.50	.015
Mujeres	6	19	13.28	2.57		
Regional y global						
<i>Contaminación</i>						
Hombres	6	16	10.08	2.52	636.50	.046
Mujeres	6	15	10.86	1.79		
<i>Químicos</i>						
Hombres	5	17	12.40	2.46	819.00	.767
Mujeres	5	17	12.63	2.47		
Local						
<i>Basuras</i>						
Hombres	5	16	11.97	2.00	734.50	.277
Mujeres	5	17	12.34	2.17		
<i>Transporte</i>						
Hombres	5	15	9.08	2.33	847.00	.970
Mujeres	6	15	9.02	2.12		
<i>Ruido</i>						
Hombres	8	16	10.97	2.22	845.00	.956
Mujeres	7	15	10.80	1.95		

Fuente: elaboración propia.

($p=.046$), donde las mujeres resultaron con puntuaciones superiores en comparación con los hombres. En lo que respecta al bloque local, no se identificaron diferencias significativas, lo que representa que la actitud respecto a las basuras, el transporte y el ruido se da de manera similar en hombres y mujeres (tabla 4).

Discusión

Los resultados de esta investigación permitieron describir las actitudes ambientales y las diferencias por género en los estudiantes del programa de Licenciatura en Seguridad, Salud y Medio Ambiente. De manera general, se encontró una actitud negativa en la facilitación, la energía y el transporte. Estos resultados son preocupantes, al considerar lo ya descrito en la literatura, donde se ha reportado que, conforme se incrementa el nivel de conocimientos, se modifican las actitudes ambientales (Fuentealba, 2018), sobre todo en esta población, en la que se trata de estudiantes de una carrera en la que se profundiza en el tema del medio ambiente.

Pese a que se ha reportado que los estudiantes universitarios mexicanos han evidenciado apertura y disposición para el cuidado ambiental (Pérez Gámez et al., 2021), en el contexto fronterizo hay situaciones específicas que pueden impactar en las actitudes de esta población. En lo que respecta a la facilitación, no se dispone de camiones de basura con separaciones entre basura orgánica e inorgánica, y se carece de leyes en las que se establezcan sanciones a las personas que tiren basura en lugares prohibidos. En lo referente a las actitudes para la conservación de energía, no se aprecian consecuencias tangibles o visibles para el cuidado de la energía, e incluso existe corrupción para disminuir el pago por el consumo de electricidad. En cuanto a la actitud para el uso del transporte, no se cuenta con cultura vial para el uso de bicicletas, accesos específicos o rutas de bicicletas, y el entorno es inseguro para compartir vehículo.

De acuerdo con las situaciones específicas antes planteadas, se observa que en este contexto, además del nivel educativo o de formación disciplinar en el que se incluye el cuidado del medio ambiente, se presentan otras condiciones que es importante abordar en futuras investigaciones y no solamente la modificación del plan educativo, como se ha sugerido en otras investigaciones (Chumbe Rodríguez, 2021; Esteban Ibáñez y Amador Muñoz, 2018; Guevara y Caraballo, 2018); no obstante, se requiere de investigaciones en las que se analice el efecto de estas variables contextuales sobre las actitudes ambientales de esta población, lo que permitirá diseñar intervenciones estratégicas para la modificación de las actitudes negativas.

El género es otro factor que influye sobre las actitudes ambientales. El análisis por género mostró que las mujeres tienen una mayor actitud positiva en la escala global y en las dimensiones de valoración, energías, reciclaje y contaminación. En este sentido, en un estudio en población española se reportó que las mujeres presentaron mejores actitudes en comparación con los hombres (Pérez-Franco et al., 2018); sin embargo, en una investigación en población peruana no se encontraron diferencias por género, debido a que las actitudes ambientales reciben influencia del comportamiento, las creencias y los valores con los que ha crecido el individuo (Chumbe Rodríguez, 2021). En cuanto a esta investigación, las diferencias por género encontradas se explican por que, en el contexto mexicano, las mujeres

se preocupan más por la cultura y el comportamiento social, debido a que son educadas desde pequeñas para cuidar y proteger al prójimo (Olmos-Martínez et al., 2016).

La literatura ha evidenciado que las mujeres son líderes y desempeñan un papel importante en el cuidado del medio ambiente (ONU Mujeres, 2022), lo que se constata en este estudio, al encontrar una mayor actitud positiva en la valoración, es decir, que las mujeres tienen mayor conciencia o juicio de los problemas ambientales, lo que conlleva que presenten una mayor actitud positiva en la conservación de las energías y el reciclaje. Lo anterior pudiera deberse a que, en el contexto nacional, sigue prevaleciendo la responsabilidad del cuidado familiar en las mujeres, a quienes desde la infancia se les prepara para el cuidado ambiental, ya que se les enseña que si sus hijos toman agua sucia, consumen alimentos contaminados o respiran aire contaminado podrán enfermar, lo que impactará en su calidad de vida.

Conclusiones

En esta investigación se encontró que la muestra estudiada presentó una actitud negativa en la facilitación, la energía y el transporte. En el análisis por género se encontró que las mujeres mostraron mayor actitud positiva en la escala global y en las dimensiones de valoración, energías, reciclaje y contaminación. Se recomienda el análisis de las políticas públicas y de la disposición de los recursos económicos para facilitar el cuidado ambiental, y que, al momento de diseñar y aplicar estrategias para promover las actitudes proambientales, se considere el enfoque de género. Es importante continuar trabajando sobre la misma línea de investigación y que en futuras investigaciones se evalúe el impacto de las actitudes sobre los comportamientos ambientales, para analizar la congruencia entre las opiniones o posturas que los individuos tienen y el impacto real sobre sus acciones para el cuidado ambiental.

Referencias

- Baldi López, G. y García Quiroga, E. (2006). Una aproximación a la psicología ambiental. *Fundamentos en Humanidades*, XII(13-14), 157-168. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18400708>
- Chumbe Rodríguez, A. C. (2021). Caracterización de la actitud ambiental en estudiantes ingresantes a la universidad. *EDUSER. Revista Científica Digital de Educación*, 8(1), 21-34. <https://doi.org/10.18050/eduser.v8i1.930>
- Estaban Ibáñez, M. y Amador Muñoz, L. V. (2018). Una aproximación a las actitudes de los universitarios hacia el Medio Ambiente (Una experiencia innovadora en el ámbito de las Ciencias Ambientales). *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 17(33), 81-100. <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/514/418>
- Fuentealba Cruz, M. y Soto Troncoso, L. (2016). Valoración actitudinal frente a temas ambientales. *Revista Luna Azul*, (43), 448-467. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321745921019>

- García Pereáñez, J. A. y García Arango, D. A. (2020). Conciencia ambiental en estudiantes universitarios: eLearning y eMarketing para la sostenibilidad. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnológicas de Información*, *E35*, 16-27. <https://risti.xyz/issues/ristie35.pdf>
- Guevara, B. y Caraballo, P. (2018). Actitudes ambientales en la comunidad educativa de la Institución Educativa Rural San Antonio, Sincelejo. *BISTUA. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, *16(1)*, 193-199. <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2018.3207>
- Instituto Nacional de las Mujeres (2008). *Género y sustentabilidad: reporte de la situación actual*. INMUJERES. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/100970.pdf
- Moreno, M., Corraliza, J. A. y Ruiz, J. P. (2005). Escala de actitudes ambientales hacia problemas específicos. *Psicothema*, *17(3)*, 502-508. <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/8356>
- Moreno, J. E., Rodríguez, L. M. y Favara, J. V. (2019). Conciencia ambiental en estudiantes universitarios. Un estudio de la jerarquización de los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS). *Revista de Psicología*, *15(29)*, 113-119. <https://erevistas.uca.edu.ar/index.php/RPSI/article/view/2115>
- Olmos-Martínez, E., Arizpe, O., Contreras-Loera, M. R. y Gómez-Cabrera, I. D. (2016). El cambio climático: una perspectiva de género. *Opción*, *32(13)*, 1136-1157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5844707>
- Organización de las Naciones Unidas Mujeres (9 de diciembre de 2022). Las mujeres tienen un rol clave en la defensa del medio ambiente. ONU Mujeres, sp. <https://lac.unwomen.org/es/stories/noticia/2022/12/las-mujeres-tienen-un-rol-clave-en-la-defensa-del-medio-ambiente-o>
- Pérez Gámez, K., Alvarado Ibarra, J. y Corte López, A. (2021). Conciencia ambiental en estudiantes de la Universidad de Sonora. *EPISTEMUS. Ciencia, Tecnología y Salud (Sonora)*, *15(31)*, 79-86. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i31.179>
- Pérez-Franco, D., de Pro-Bueno, A. J. y Pérez-Manzano, A. (2018). Actitudes ambientales al final de la eso. Un estudio diagnóstico con alumnos de Secundaria de la Región de Murcia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *15(3)*, 350101-350115. <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i3.3501>
- Unión de Científicos Conscientes (17 de junio de 2021). Causas de las sequías. ¿Cuál es la conexión con el cambio climático? *Unión de Científicos Conscientes*. sp. <https://es.ucsusa.org/recursos/la-conexion-entre-las-sequias-y-el-cambio-climatico>
- Vázquez García, V. (2003). La gestión ambiental con perspectiva de género. El manejo integrado de ecosistemas y la participación comunitaria. *Revista Gestión y Política Pública*, *xii(2)*, 291-322. <https://www.redalyc.org/pdf/133/13312204.pdf>

ARTÍCULOS

Optimización y su relación con la logística

Optimization and its relation with logistics

Jesús del Carmen Peralta-Abarca

ORCID: 0000-0003-2995-9277, carmen.peralta@gmail.com

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Pedro Moreno Bernal

ORCID: 0000-0002-2811-5331, pmoreno@uaem.mx

Facultad de Contaduría, Administración e Informática (FCAEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Felipe de Jesús Bonilla Sánchez

ORCID: 0009-0001-8674-8209, fbonilla@uaem.mx

Facultad de Contaduría, Administración e Informática (FCAEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

José Alberto Hernández Aguilar

ORCID: 0000-0002-5184-0005, jose_hernandez@uaem.mx

Facultad de Contaduría, Administración e Informática (FCAEI),
Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)

Recepción: 15/07/23. Aceptación: 19/03/24. Publicación: 31/05/24

RESUMEN

La logística es un área crucial en el transporte y distribución de bienes y productos. Los modelos de ruteo vehicular aplicados en logística son una herramienta esencial para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos en la distribución de productos. Los modelos de optimización se basan en el problema de ruteo vehicular, el cual puede abordarse mediante algoritmos computacionales que permiten considerar factores como la capacidad de los vehículos, la distancia entre los puntos de partida y de entrega, los tiempos de espera, y las restricciones de los conductores, los clientes y los vehículos. Asimismo, permiten considerar la trazabilidad de los productos, ayudando a las empresas y a los clientes a monitorear el movimiento de los productos desde su origen hasta su destino final.

PALABRAS CLAVE

logística, ruteo vehicular, trazabilidad, optimización

ABSTRACT

Logistics plays a critical role in transporting and distributing products and assets. Vehicle routing models are essential in logistics to enhance efficiency and reduce operating costs in product distribution. Optimization models are based on the vehicle routing problem, which computational optimization algorithms can address. These algorithms consider factors such as vehicle capacity, distance between departure and delivery points, waiting times, and driver, customer, and vehicle constraints. Furthermore, optimization algorithms enable consideration of product traceability, which helps companies and customers track the movement of products from their origin to their final destination.

KEYWORDS

logistics, vehicle routing, traceability, optimization

Relación de la logística y modelos de ruteo vehicular

La logística es una disciplina que se enfoca en la gestión eficiente de procesos de producción, almacenamiento y distribución de bienes y servicios, la cual permite gestionar de forma eficiente el flujo de bienes y servicios mediante un sistema de transporte. Así, por medio de un sistema de transporte eficaz se provee de una mayor amplitud y competencia en el mercado, en áreas alrededor del punto de producción (Ballou, 2004). Los costos de transporte pueden ser reducidos mediante optimización, lo cual permite una mayor competitividad en el mercado.

La optimización de transporte para problemas de logística se realiza mediante el problema de ruteo vehicular (*vehicle routing problem*, VRP) (Toth y Vigo, 2014). El VRP representa un desafío combinatorio complejo debido a la gran cantidad de posibles soluciones que deben ser evaluadas para encontrar la óptima. Existen diversos métodos de solución de problemas combinatorios, que permiten optimizar la distribución de los productos, reducir los costos de transporte y mejorar la satisfacción del cliente. Uno de ellos son las metaheurísticas (Labadie et al., 2016; Peralta-Abarca, 2021).

Uno de los principales desafíos de la logística es la planificación y optimización de rutas de distribución. No obstante, la optimización de rutas se puede abordar como un problema VRP, mediante modelos matemáticos de ruteo vehicular y sus variantes.

Los modelos de ruteo vehicular (MRV) son herramientas matemáticas que permiten encontrar soluciones de rutas óptimas para el desplazamiento de bienes o productos mediante vehículos de transporte. Para el modelado de las rutas se consideran otros factores, como la capacidad de los vehículos, los tiempos de entrega, las restricciones de tráfico, entre otros. Los modelos de VRP proveen una amplia variedad de aplicaciones, desde la planificación de entregas de paquetería (por ejemplo, de empresas como FedEx, ups Estafeta, Correos de México, DHL) y alimentos (Danone, Bimbo, Alpura), hasta el diseño de rutas de recolección de basura y servicios de emergencia (Hillier y Lieberman, 2010; Rossit et al., 2020; Rossit y Nesmachnow, 2022).

La relación entre la logística y los MRV es muy estrecha. Por una parte, la logística se centra en el marco general dentro del cual se utilizan modelos matemáticos y, por otra, los modelos de ruteo vehicular permiten a las empresas logísticas planificar y optimizar las rutas de desplazamiento de bienes para su entrega. Una ruta óptima provee mayor eficiencia y reducción de costos, al minimizar la distancia total recorrida, el número de vehículos usados y los tiempos de espera en los puntos de entrega (Ballou, 2004) (Toth y Vigo, 2014). Asimismo, los MRV contribuyen a la reducción de la huella de carbono de las empresas logísticas, al diseñar rutas más cortas y eficientes que reducen el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es importante considerar que los MRV son herramientas matemáticas que dependen de la calidad y precisión de los datos de entrada. Por lo tanto, es fundamental que las empresas logísticas cuenten con sistemas de seguimiento y control de sus vehículos, que permitan obtener datos precisos y actualizados sobre el tráfico, las condiciones climáticas y otros factores que puedan afectar el diseño de las rutas.

Métodos de solución aplicados a problemas de logística

Hoy en día, existen diversos MRV que son aplicados a problemas de logística. Los MRV se diferencian por la forma en que resuelven el problema de la optimización del recorrido de los vehículos de transporte. Por lo tanto, los distintos modelos pueden ser abordados mediante distintos métodos de solución. A continuación se enlistan los más destacados:

- Los métodos exactos, como el método Simplex (Dantzig, 1998), permiten encontrar la solución óptima al problema; sin embargo, el método enumera todas las posibles combinaciones para encontrar la mejor solución, lo cual requiere mayor tiempo de procesamiento. En logística, los métodos exactos se utilizan en situaciones donde el número de vehículos y la cantidad de mercancía son limitados y donde se conocen con precisión las ubicaciones de los puntos de entrega (Liberatore et al., 2011; Michalewicz y Fogel, 2013).
- Los métodos estocásticos o probabilísticos son métodos numéricos que toman en cuenta la incertidumbre para realizar un muestreo en el espacio de soluciones y aproximar la solución en tiempo razonable (Coello Coello et al., 2007). Las metaheurísticas pertenecen a esta clase de algoritmos.
- Los métodos heurísticos aplican reglas basadas en el conocimiento propio del problema para encontrar soluciones óptimas en tiempo razonable sobre problemas de tamaño pequeño y mediano (Michalewicz y Fogel, 2013). Los modelos más comunes que abordan problemas mediante heurísticas minimizan el costo de servicios de transporte, el tiempo de tránsito, las pérdidas y los daños, sujetos a restricciones de capacidad de los vehículos, tiempo total, intervalos de tiempos, relaciones de precedencia, entre otras (Laporte, 1992).
- Los algoritmos evolutivos (AE) son métodos de optimización inspirados en la evolución biológica y en la selección natural, los cuales permiten encontrar buenas soluciones en tiempo razonable para el problema de optimización del recorrido de vehículos y para la entrega y distribución de bienes o productos, pero sin garantizar una solución óptima. Son adecuados para abordar problemas combinatorios complejos y de gran tamaño (Coello Coello et al., 2007). En particular, los algoritmos genéticos, una clase de AE, son eficaces y eficientes para abordar problemas complejos que combinan variables enteras, reales y de decisión (binarias).

- Las redes neuronales artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) son técnicas de clasificación y aprendizaje automático que se inspiran en el proceso de sinapsis que realiza el cerebro humano a nivel neuronal. Sin embargo, las ANN son adecuadas para abordar problemas grandes y complejos en optimización combinatoria, como es el caso del VRP (Modares et al., 1999).
- El método o algoritmo de *colonia de hormigas* (ACO, por sus siglas en inglés) se utiliza para resolver problemas combinatorios complejos. El ACO se basa en el comportamiento de búsqueda de alimento de las hormigas a través de un rastro de feromonas de la ruta más corta entre el hormiguero y una fuente de alimento (Dorigo y Stützle, 2004). El ACO es un método ampliamente usado para abordar problemas relacionados con ruteo vehicular y sus variantes, incluidos problemas de la vida real (Rizzoli et al., 2007).

Los MRV y sus variantes son abordados como problemas de optimización para encontrar el recorrido mínimo de vehículos de transporte de forma eficiente para la logística de transporte de bienes y productos (Kim et al., 2015). Los resultados obtenidos incluyen una reducción de costos de transporte para la empresa y una mejora en la satisfacción del cliente. Por ello, los MRV proveen buenas soluciones en distintos sectores de la logística, aunque tienen un mayor impacto en servicios de transporte de bienes y productos, distribución de alimentos y gestión de flotas de vehículos.

MRV en logística

Hoy en día, existen empresas en el sector del transporte que implementan MRV, independientemente de su tamaño y actividad económica. Uno de los sectores empresariales más relevantes es el de la distribución de alimentos, bebidas o productos frescos que necesitan mantener una cadena de frío y cumplir con horarios (Tarantilis y Kiranoudis, 2004), y que concentra en su mayoría a usuarios digitales.

Uno de los principales beneficios de los MRV es la capacidad de planificar y optimizar las rutas de transporte de manera más eficiente, lo que permite a las empresas reducir el número de vehículos empleados, disminuir el tiempo de entrega y ahorrar en costos de combustible. Otro beneficio de los MRV es la capacidad de integrarse con otras tecnologías de la cadena de suministro, como el seguimiento de envíos en tiempo real, lo que permite a las empresas tener un mayor control sobre sus operaciones y tomar decisiones informadas en tiempo real.

No obstante, los MRV no proveen una solución para todos los problemas de la logística, debido a la complejidad por el número de variables, ecuaciones e inecuaciones del modelo. Además, requieren de una inversión significativa en tecnología y personal especializado para su desarrollo, implementación y mantenimiento. Asimismo, la optimización de las rutas

de transporte puede ser compleja, especialmente en entornos urbanos o en situaciones en las que se requiere una gran cantidad de paradas y entregas.

Ventaja de usar MRV en logística

La logística es una actividad fundamental en la mayoría de las empresas, sobre todo en aquellas que se dedican a la venta de productos. La gestión de la cadena de suministro puede ser compleja y costosa, debido a que involucra el transporte de bienes y productos desde el lugar de producción hasta el lugar de destino. En este contexto, los MRV se presentan como una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y reducción de costos en la logística (Konstantakopoulos et al., 2020).

Un MRV permite planificar la ruta óptima para los vehículos de transporte de una empresa. Los modelos toman en cuenta diversos factores, como la ubicación de los puntos de entrega, el tiempo y la capacidad de los vehículos, las restricciones de tráfico y otros parámetros relevantes (Bochtis y Sørensen, 2009).

La ventaja más importante de utilizar MRV en la logística es la mejora en la eficiencia y la reducción de costos. Al planificar la ruta óptima se pueden minimizar los tiempos de espera y los tiempos de viaje, lo que se traduce en una reducción en los costos de combustible y una mejora en la productividad de los conductores y los vehículos. Hoy en día, la reducción de emisiones de CO₂ del sistema de transporte se puede controlar mediante la optimización de rutas de distribución a través de MRV. Además, los MRV permiten tomar en cuenta las restricciones de tráfico y las limitaciones de capacidad de los vehículos, lo cual ayuda a disminuir retrasos y problemas en la entrega de bienes y productos.

Otra ventaja de los MRV es la mejora en la calidad del servicio al cliente. Al planificar la ruta óptima se puede garantizar la entrega de los productos en el tiempo prometido, lo que aumenta la satisfacción del cliente y mejora la reputación de la empresa. Además, los MRV permiten identificar los puntos de entrega más importantes y estratégicos, lo que da pie a una mejor asignación de los recursos y una mejora en la gestión de la cadena de suministro.

Relación de la trazabilidad de los productos con MRV en logística

La trazabilidad de los productos y los MRV son dos aspectos cruciales en la logística moderna y están íntimamente relacionados. La primera se refiere a la capacidad de seguir el movimiento de un producto desde su origen hasta su destino final (Souali et al., 2016), lo que permite a las empresas mantener un control total sobre su cadena de suministro y garantizar la calidad y seguridad de los productos. Por otra parte, los MRV utilizan algoritmos de optimización para planificar las rutas óptimas para los vehículos que transportan los bienes o productos, con el fin de minimizar los costos y maximizar la eficiencia.

En la industria alimentaria, la trazabilidad es esencial para garantizar la seguridad alimentaria y para permitir a las empresas detectar rápidamente cualquier problema en la cadena de suministro. Si un producto es defectuoso o peligroso para el consumo humano, la trazabilidad permite a la empresa retirarlo del mercado rápidamente y evitar una posible crisis. Una solución viable para la trazabilidad de la cadena de suministro son las cadenas de bloques (*blockchain*) (Casino et al., 2021).

La trazabilidad de los productos y los MRV están relacionados de manera estrecha, ya que la información obtenida de la trazabilidad se puede emplear para mejorar los modelos de ruteo. Por ejemplo, si una empresa tiene información sobre la ubicación de sus productos en tiempo real, puede usarla para ajustar las rutas de entrega en tiempo real y optimizar la eficiencia de sus operaciones de transporte. Además, la trazabilidad permite identificar con rapidez cualquier problema en la cadena de suministro, como retrasos en la entrega o problemas con la calidad de los productos, lo que puede ayudar a los modelos de ruteo a planificar rutas alternativas y evitar retrasos en la entrega.

La relación entre la logística y los MRV es fundamental para lograr una gestión eficiente de los procesos de distribución. Los MRV permiten a las empresas de logística diseñar rutas óptimas que maximizan la eficiencia y minimizan los costos, al mismo tiempo que contribuyen a la reducción de la huella de carbono. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el éxito de estos modelos depende de la calidad y precisión de los datos de entrada, por lo que es relevante contar con sistemas de seguimiento y control adecuados.

En conclusión, los MRV son una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y reducir los costos en la logística de una empresa, además de ayudar con la trazabilidad del producto y disminuir su huella de carbono. Los MRV permiten planificar la ruta óptima para los vehículos de servicios de transporte, teniendo en cuenta diversos factores, como la ubicación de los puntos de entrega, el tiempo y la capacidad de los vehículos, las restricciones de tráfico y otros parámetros considerables. La mejora en la eficiencia y la calidad del servicio al cliente son dos de las ventajas cruciales de los MRV, lo que hace que sean una inversión importante para cualquier empresa socialmente responsable que se dedique a la logística.

Referencias

- Ballou, R. H. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro. Pearson Educación. <https://books.google.co.ve/books?id=ii5xqLQ5VLgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Bochtis, D. D. y Sørensen, C. G. (2009). The vehicle routing problem in field logistics: part I. *Biosystems Engineering*, 104(4), 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.09.003>
- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., Stachtiaris, S., Pagoni, M. y Rachaniotis, N. P. (2021). Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. *International Journal of Production Research*, 59(19), 5758-5770. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1789238>
- Coello Coello, C. A., Lamont, G. B. y Van Veldhuizen, D. A. (2007). *Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems* (vol. v, serie Genetic algorithms and evolutionary computation, D. E. Goldberg y J. R. Koza, eds.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-36797-2>
- Dantzig, G. B. (1998). *Linear programming and extensions* (pp. 94, 308). Princeton University Press. <https://www.rand.org/pubs/reports/R366.html>
- Dorigo, M. y Stützle, T. (2004). *Ant colony optimization*. Bradford Books. <https://web2.qatar.cmu.edu/~gdicaro/15382/additional/aco-book.pdf>
- Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (pp. 5, 283, 351, 368). McGraw-Hill, 9ª ed.
- Kim, G., Ong, Y. S., Heng, C. K., Tan, P. S. y Zhang, N. A. (2015). City vehicle routing problem (city VRP): a review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 1654-1666. <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2395536>
- Konstantakopoulos, G. D., Gayialis, S. P. y Kechagias, E. P. (2020). Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: a literature review and classification. *Operational Research*, 22, 2033-2062. <https://doi.org/10.1007/s12351-020-00600-7>
- Labadie, N., Prins, C. y Prodhon, C. (2016). *Metaheuristics for vehicle routing problems*. Wiley. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45403-0_15
- Laporte, G. (1992). The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3), 345-358. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90192-C](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90192-C)
- Liberatore, F., Righini, G. y Salani, M. (2011). A column generation algorithm for the vehicle routing problem with soft time windows. *4OR-Q J Oper Res*, 9, 49-82. <https://doi.org/10.1007/s10288-010-0136-6>
- Michalewicz, Z. y Fogel, D. B. (2013). *How to solve it: modern heuristics* (p. 76). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-07807-5>

- Modares, A., Somhom, S. y Enkawa, T. (1999), A self-organizing neural network approach for multiple traveling salesman and vehicle routing problems. *International Transactions in Operational Research*, 6(6), 591-606. [https://doi.org/10.1016/S0969-6016\(99\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0969-6016(99)00015-5)
- Peralta-Abarca, J. del C. (2021). Metaheurísticas. *Inventio*, 14(34), 25-32. <http://dx.doi.org/10.30973/inventio/2018.14.34>
- Rizzoli, A. E., Montemanni, R., Lucibello, E. y Gambardella, L. M. (2007). Ant colony optimization for real-world vehicle routing problems. From theory to applications. *Swarm Intelligence*, 1(2), 135-151. <https://doi.org/10.1007/s11721-007-0005-x>
- Rossit, D. G. y Nesmachnow, S. (2022). Waste bins location problem: a review of recent advances in the storage stage of the Municipal Solid Waste reverse logistic chain. *Journal of Cleaner Production*, 342, 1-30. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.13754>
- Rossit, D. G., Toutouh, J. y Nesmachnow, S. (2020). Exact and heuristic approaches for multi-objective garbage accumulation points location in real scenarios. *Waste Management*, 105, 467-481. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.04826>
- Souali, K., Rahmaoui, O. y Ouzzif, M. (2016). An overview of traceability: definitions and techniques. *4th iee International Colloquium on Information Science and Technology*, 789-793. <https://doi.org/10.1109/CIST.2016.7804995>
- Tarantilis, C. D. y Kiranoudis, C. T. (2005). Operational Research and food logistics. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 253-255. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.001>
- Toth, P. y Vigo, D. (2014). Vehicle routing: problems, methods, and applications. *SIAM*, 1-2. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594>

ARTÍCULOS

Conocimiento local y territorialidad en Hueyapan, Morelos, México

Local knowledge and territoriality in Hueyapan, Morelos, México

Radamés Villagómez Reséndiz

ORCID: 0000-0001-9987-918X, radamesvr@politicas.unam.mx

Investigador posdoctoral, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM),
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Recepción: 01/01/24. Aceptación: 20/05/24. Publicación: 18/09/24

RESUMEN

Este artículo desarrolla un relato etnográfico de un conflicto sobre territorialidad y agua en México, con la finalidad de explicar la dimensión normativa del conocimiento local que subyace a esa disputa. El conflicto territorial en cuestión se deriva del reciente proceso de municipalización indígena en la comunidad de Hueyapan, Morelos, México. La orientación teórica de esta aproximación etnográfica abrevia de la ecología política y muestra que las tensiones subyacentes a las asimetrías de poder se producen no sólo entre las formas hegemónicas y las formas alternativas de conocimiento, sino también transversalmente, entre las propias comunidades que detentan el conocimiento local.

PALABRAS CLAVE

ensamblajes, municipalización indígena, normatividad, ontogénesis, tecnología hidráulica

ABSTRACT

This article develops an ethnographic account of a conflict over territoriality and water in Mexico with the aim of explaining the normative dimension of local knowledge that underlies this dispute. The territorial conflict in question derives from the recent process of indigenous municipalization in the community of Hueyapan, Morelos, Mexico. The theoretical orientation of this ethnographic approach draws from political ecology, showing that the tensions underlying power asymmetries occur not only between hegemonic forms of knowledge and alternative forms of knowledge, but also transversally between the communities themselves that hold local knowledge.

KEYWORDS

assemblages, hydraulic technology, indigenous municipalization, normativity, ontogenesis

Introducción

La antropología ambiental ha desarrollado enfoques cada vez más diversificados para estudiar los territorios, incluyendo aportaciones que van de la geografía a la arqueología y la etnoecología (Head, 2010). Sin embargo, más allá de las cosmovisiones vernáculas, una mirada renovada sobre el territorio exige un ámbito de indagación más amplio para arrojar luz sobre distintas dimensiones del conocimiento local asociado a éste, no sólo como una cuestión clasificatoria o simbólica, sino como una cuestión de valores (Bray, 2015; Main Johnson y Hunn, 2010).

Desde una postura filosófica, la partición del conocimiento local en diferentes dimensiones —en este caso, entre dos comunidades locales de la misma región— ofrece una valiosa visión más allá del contenido proposicional del conocimiento y nos permite plantearlo como una cuestión de derechos (Leach, 2012). Ludwig y El-Hani (2020) establecieron recientemente este punto de vista divisorio sobre el conocimiento local a través de enfoques políticos, ontológicos, epistemológicos y éticos. Si tenemos en cuenta estas distinciones es posible sugerir la consideración de varias dimensiones de este tipo de conocimiento para abordar una comprensión del territorio.

El estudio de caso se enmarca en un contexto histórico de conflictos en torno al agua entre el naciente municipio indígena de Hueyapan y el municipio de Tetela del Volcán. Ofrezco un relato etnográfico que articula estos conflictos y los relaciona con la situación actual de la independencia municipal de Hueyapan respecto al municipio de Tetela, al que anteriormente estaba sujeto. La relación entre la dimensión normativa del conocimiento y un nuevo régimen territorial (municipio) confronta dimensiones ambientales y técnicas del conocimiento local incrustado en sistemas sociotécnicos hidráulicos. Argumento que las fricciones entre estas dos dimensiones del conocimiento local (normativa y ambiental/técnica) evocan una relación paradójica en la medida en que ambas fueron movilizadas como parte de un reservorio de conocimiento comunitario para negociar entendimientos de territorialidad en esta región.

Ontogénesis territorial

Debido a que los territorios son heterogéneos, Sigaut (1999) reconoció que los paisajes no sólo tienen una variación espacial, sino también una diversidad de cruces territoriales. Además, otros autores han propuesto entender la coexistencia de diferentes estructuras y dinámicas sociales dentro de territorios específicos, lo que da lugar a cartografías contingentes superpuestas de relaciones, a través de líneas de fuerza en tensión (Hernández-Ávila, 2010). Reconocer la naturaleza relacional de los regímenes territoriales permite identificar las dinámicas de poder en los paisajes, las cuales influyen en una cartografía dominante.

De ahí que una visión relacional de los regímenes territoriales se oponga a la planificación gubernamental oficial como postura hegemónica de desarrollo que suele concebir el territorio en términos de recursos de gestión. En su lugar, este enfoque relacional considera el carácter ontogénico de los espacios o paisajes, incorporando sus características y procesos de individuación (Simondon, 1980/2015). Este aspecto diferencial se manifiesta en las iniciativas oficiales de planificación federal, estatal o de otro tipo, y en diversas formas de gestión ambiental, por ejemplo, en las geografías locales al interior de cartografías más amplias, como las reservas o las Áreas Naturales Protegidas (Barretto Filho, 2014; Bustamante Ponce, 2016).

La ontogénesis territorial que subyace a los diferentes regímenes espaciales puede dar lugar a conflictos cuando está impulsada por múltiples partes interesadas —por ejemplo, Estados, empresas privadas, comunidades— que promulgan valores diferentes. En este caso, la ontogénesis se refiere a la caracterización de formas heterogéneas de regímenes territoriales, incluidas las transformaciones sociales —es decir, la etnogénesis—, así como las características ambientales y técnicas cambiantes (Hornborg, 2005; Wolfe, 2017). Asimismo, la ontogénesis abarca un espectro más amplio de conceptos de tradición o cultura (Wagner, 1975) porque, por un lado, desafía una frontera ilusoria entre lo natural y lo artificial y, por otro, sugiere ensamblajes territoriales entre los seres humanos, los artefactos y el medio ambiente.

En este estudio de caso, la ontogénesis territorial implica tanto formas como procesos institucionales. En los últimos años, los municipios indígenas son una forma de organización política que ha ganado aceptación entre los sistemas normativos internos de México. El término *municipio* combina los atributos políticos y administrativos del gobierno municipal y comarcal, en la medida en que la mayoría de ellos abarcan varios centros de población dentro de sus territorios. Algunos autores prefieren el término *distrito municipal* (Boyer, 2015); pero, dado que el caso que aquí abordamos no abarca otros poblados, mantenemos la primera noción. Si bien los lineamientos legales constriñen este ordenamiento, es el uso contrahegemónico de las leyes en beneficio de las propias comunidades lo que les otorga el instrumento de decisión sobre su territorio y sus recursos (Aragón Andrade, 2019). Esta impronta es crítica frente a la problemática histórica del ordenamiento territorial desde el siglo XIX, que constituyó un golpe a los derechos indígenas, al declarar nulos sus ordenamientos y territorios por ser tierras ociosas y, por lo tanto, enajenables (Contreras, 2005).

Conflictos territoriales y tecnología hidráulica

El municipio indígena en México consiste en un proceso jurídico con identidad inherente y autodeterminación política y territorial. Por un lado, las poblaciones indígenas legalizaron usos y costumbres, que es un ordenamiento territorial tradicional que sustenta el derecho a la autodeterminación como pueblos autónomos, al reconfigurar la jerarquía política que, hasta ahora, vinculaba a la comunidad con intermediarios del gobierno federal. Por otro lado, la

regimentación territorial implica que la canalización de recursos financieros ya no requiere pasar por las agencias de la burocracia estatal, por lo que ahora las comunidades pueden acceder a recursos federales. Un caso emblemático que ilustra usos y costumbres es el de Cherán, Michoacán, donde el gobierno local (*k'eris*) ha implementado nuevos ordenamientos territoriales, incluyendo la recuperación de sus bosques con manejo y normatividad propios, entre otras acciones (González Rivadeneira y Argueta Villamar, 2018).

El caso de Cherán ha delineado el camino que recientemente han recorrido cuatro pueblos de Morelos: Coatetelco, Xoxocotla, Tetelcingo y Hueyapan (Aragón Andrade, 2019). Aunque cada una de estas comunidades tuvo su respectivo proceso de conformación de un municipio indígena, este trabajo se centra en la comunidad de Hueyapan. Es importante distinguir resonancias y diferencias con otros sistemas normativos internos, anteriores en otras partes de México, conocidos como usos y costumbres, como aquel basado en el sistema de cargos (Curiel, 2015). A diferencia de Oaxaca, la relevancia de los municipios indígenas radica en su acceso directo a los recursos federales, lo cual es un tema crucial para Cherán y Hueyapan. Otra diferencia importante en cuanto a la estructura municipal en Hueyapan tiene que ver con una nueva delimitación geográfica, y, en consecuencia, el surgimiento de un nuevo régimen territorial.

La situación de Hueyapan como naciente municipio indígena se ve afectada por diferentes conflictos territoriales a distintas escalas de gobierno y sociales. Por un lado, la disputa socioambiental en torno al megaproyecto denominado Proyecto Integral Morelos (PIM), particularmente por las aguas de los manantiales de la cuenca de Amatzinac para la construcción del acueducto del PIM (Luna Nemecio, 2023). Por otro lado, este conflicto se extiende a una disputa histórica interétnica por el agua con Tetela del Volcán. Aunque el punto álgido de este conflicto ya pasó, el municipio indígena de Hueyapan abrió recientemente otro capítulo de estas viejas tensiones al emanciparse de Tetela del Volcán.

Un factor que ha exacerbado estas fricciones es que la disputa por los manantiales entre Tetela y Hueyapan coincide ahora con un nuevo problema de delimitación de la frontera territorial que concierne al naciente municipio indígena de Hueyapan. Además, esta delimitación territorial no es sólo geográfica sino también técnica, ya que en los manantiales ubicados en esta franja se encuentran artefactos, específicamente cajas de agua y mangueras, a ambos lados de la frontera entre las dos comunidades. La relación entre la defensa del agua y los saberes locales que subyacen a las tecnologías hidráulicas es que, por medio de mangueras, se ha intentado delimitar desde hace décadas el territorio de Hueyapan y las aguas que lo recorren y rodean de las que corresponden a Tetela del Volcán (Guzmán Gómez y Guzmán Ramírez, 2017). En el meollo de la cuestión está la pregunta acerca de cómo un sistema sociotécnico complejo, basado en conocimientos locales, reconfigura un nuevo ordenamiento territorial y viceversa.

Figura 1
Sistemas y flujos de agua en el Códice de Hueyapan, 1574



Fuente: Gaillemin (2004).

A lo largo de la vertiente del Amatzinac, las comunidades introdujeron mangueras durante el siglo pasado aprovechando los conocimientos locales de los habitantes. Los lugareños acumularon este conocimiento de los canales de agua durante el periodo colonial, cuando éstos se establecieron en el pueblo a través del sistema de apantles (figura 1). No obstante, las tecnologías hidráulicas estaban vinculadas a los conocimientos ecológicos tradicionales mucho antes de la llegada de los misioneros, por ejemplo, en las presas de derivación construidas a lo largo de la ribera del río Amatzinac (Rojas Rabiela, 2011).

Actualmente, el sistema de mangueras se utiliza para transportar agua desde los manantiales hasta los campos de regadío y para uso doméstico. Este sistema incluye innovaciones basadas en la experimentación y el conocimiento local, lo que ha dado lugar a la expansión del sistema de mangueras que atraviesa el bosque por vía aérea. Reconocer que la conexión de mangueras fue una innovación tecnológica que movilizó el conocimiento local de dos poblaciones —Tetela del Volcán y Hueyapan— muestra que las comunidades no son pasivas, ni deben ser concebidas como tales (figura 2, p. 6).

El surgimiento de sus innovaciones no se limitó a un asunto de simple transferencia de tecnología, sino que el sistema sociotécnico hidráulico involucró conocimientos complejos

Figura 2
Sistemas de mangueras y cajas de agua en el territorio
en disputa de Hueyapan y Tetela



Foto: Radamés Villagómez Reséndiz.

sobre flujos de agua, escurrimientos, topografía, así como la negociación con entidades más que humanas relacionadas con manantiales y cuevas (Villagómez Reséndiz, 2017). Del mismo modo, el sistema de mangueras no sólo fue una respuesta adaptativa, sino que ha sido, y sigue siendo, una estrategia política utilizada por las comunidades locales para salvaguardar su territorio y sus recursos hídricos.

Aquí, un sistema sociotécnico aparece como una representación material del conocimiento local, que sirve como norma sobre la relación entre campesinos, agua y territorio. Asimismo, la tensión subyacente entre estas dos comunidades como partes interesadas en los recursos hídricos desafía la división entre los valores indígenas y occidentales. Aunque Tetela no es una comunidad indígena, sus esfuerzos por desarrollar y mantener tecnologías hidráulicas se vieron impulsados por el conocimiento ecológico tradicional. Sus conocimientos y su historia local están actualmente en tensión con el municipio indígena de Hueyapan, sobre todo en lo que respecta a las dimensiones normativas y ambientales/técnicas de los conocimientos locales.

Asimismo, los cambios tecnológicos afectan los modos de producción de la vida social, y éstos han provocado transformaciones en el territorio local. En consecuencia, se hace necesario investigar los impactos diferenciales de los distintos sistemas de valores como parte de la

ontogénesis territorial local, en particular para abordar el problema de las relaciones de poder que subyacen a las prácticas y conocimientos locales movilizados en el conflicto mencionado.

Conocimiento local

Desde la década de 1980, la etnobiología, la ecología política y la antropología medioambiental se han preocupado cada vez más por las cuestiones del conocimiento local y su relación con el desarrollo. Esta preocupación impulsó la formación de un consenso crítico en torno a la concepción del conocimiento local como sistemas complejos de conocimiento que incluyen, entre otras características, conocimientos técnicos (Biersack, 2006; Kottak, 2006; Pottier, 2003). La relevancia del conocimiento local o indígena surgió, en parte, debido a la crisis del desarrollo internacional basado en la transferencia de tecnología para el progreso económico (Agrawal, 1994; Argueta Villamar, 2011). Posteriormente, se propuso una visión crítica que destacaba el uso extractivista y la asimilación del conocimiento local en la ciencia occidental (Nadasdy, 1999).

Esta visión crítica de la relación del conocimiento local con el desarrollo viene discutiendo los objetivos del trabajo antropológico, fundamentando la necesidad de caracterizar el conocimiento local en función de proyectos de desarrollo, pero con metodologías participativas innovadoras. Sin embargo, ¿quién tiene derecho a saber, a controlar el flujo de conocimientos y a reclamar la propiedad intelectual? ¿Es legítimo identificar el conocimiento indígena o local y denominarlo como tal? (Sillitoe, 2002) Otro conjunto de preguntas se refiere a qué conocimientos se reconocen en las intervenciones de desarrollo y cómo se negocian los desacuerdos entre los sistemas de conocimiento (Ludwig y Boogaard, 2022).

A finales del siglo xx, la ecología política discutió la variedad de nomenclaturas relacionadas con el conocimiento local o indígena, y promovió una serie de preguntas sobre este tipo de conocimiento (Berkes, 2008). En última instancia, la ecología política sostiene que el conocimiento local es el conocimiento ecológico tradicional, y ambos se entienden como un cuerpo acumulativo de conocimientos, prácticas y creencias sobre las relaciones entre los seres vivos y su entorno, que evoluciona a través de procesos adaptativos y se gestiona de forma intergeneracional por transmisión cultural (Berkes, 2008).

Sin embargo, también pueden ser conocimientos que surgen de la transmisión horizontal y, por lo tanto, dependen de la compatibilidad epistémica o de dinámicas de enseñanza-aprendizaje. Guzmán Gómez y Guzmán Ramírez (2017) documentaron este último tipo de conocimiento local en Hueyapan al describir el tendido de puentes que conectan mangueras de agua a través de varias barrancas, técnica aprendida por los habitantes de Hueyapan y Tetzela de los trabajadores de la compañía de luz (figura 3, p. 8). Así, destaca la alusión al carácter posicional del conocimiento local en la medida en que no se considera separable de los sujetos que lo producen y no puede circular sin referencia a éstos (Leach, 2012).

Figura 3
Sistemas de mangueras atravesando el bosque



Foto: Radamés Villagómez Reséndiz.

No obstante, otros enfoques de orientación filosófica sobre el conocimiento local señalan la necesidad de diferenciar las categorías que suelen entrar en el ámbito del conocimiento local —es decir, tecnología, cuestiones de gestión, normas y valores—, y que son elementos que pueden coexistir con fricciones o solaparse parcialmente (Ludwig y El-Hani, 2020). En consecuencia, cuando analizamos cómo se imprime el conocimiento en el territorio, la respuesta no es una cuestión unívoca de correspondencia porque el conocimiento no se distribuye homogéneamente entre todos sus poseedores. Aunque el contenido del conocimiento local depende del género, la edad y otros factores, finalmente opera a través de la autoridad social. En nuestro estudio de caso, la autoridad social se distribuye en la formación del nuevo Concejo Indígena de Hueyapan, así como en otro grupo denominado Concejo Mayor, compuesto por algunos ancianos que actúan como una especie de contraloría de los asuntos del pueblo, incluyendo los aspectos relacionados con el conflicto por la franja territorial. Asimismo, el Comité de Agua Potable conforma otra autoridad social local, la cual ha gestionado históricamente la distribución y captación del agua.

Las funciones de los conocimientos locales se ponen en tela de juicio cuando se reconocen otras dimensiones de esos conocimientos que pasan por el tamiz cultural, especialmente en lo que respecta a las cuestiones de valor incrustadas en la figura de los ancianos como interventores. A veces, el tamiz cultural presupone un atavismo tradicional, pero resulta

ineficaz. El reto consiste en replantearse cómo podemos entender la idea del conocimiento no sólo como una construcción social o cultural, sino también como una construcción política (Ellen, 2007; Forsyth, 2011; Ludwig y Boogaard, 2022). La consideración de las políticas de conocimiento local relacionadas con la gestión medioambiental —por ejemplo, la delimitación de territorios— influye, en última instancia, en la circulación y aplicación de ese conocimiento y en las formas que éste adopta (Nadasdy, 2011).

Es por lo anterior que las dimensiones normativa y política del conocimiento local iluminan una forma de abordar las cuestiones territoriales. No se trata sólo del conocimiento genérico del lugar, ni sólo de la identificación de topónimos asociados a lugares sagrados o sus diferentes taxonomías (Barrera-Bassols y Toledo, 2005; Main Johnson y Hunn, 2010). Una dimensión normativa del conocimiento local requiere que consideremos los elementos cruciales del lugar y las relaciones sociales que acaban movilizándose en los conflictos que subyacen a las formas emergentes de territorialidad. Se trata de cuestiones de valor, matizadas por el género, la edad y otros aspectos del estatus social. En este sentido, discutimos las estrategias de las poblaciones de Hueyapan y Tetela —ahora dos municipios independientes— para negociar los conflictos socioambientales a la luz de un conflicto mayor por el acueducto del PIM. Esta cuestión requiere contextualizar el conflicto en medio del relato etnográfico que aquí presentamos.

Municipalización indígena de Hueyapan: territorio y poder

Hueyapan es una comunidad indígena de origen nahua, perteneciente al estado de Morelos, México. Se localiza en las faldas del volcán Popocatepetl, a una altitud de 2,340 msnm, y cuenta con una población de poco más de ocho mil habitantes. Históricamente, Hueyapan ha estado sujeto a la cabecera municipal del pueblo de Tetela del Volcán. Ambas poblaciones tienen raíces históricas que se remontan a la época prehispánica, como lo manifiestan las *Relaciones geográficas del siglo XVI*. No fue sino hasta bien entrado el siglo XVII que se convirtieron en una sola encomienda y luego en un territorio integrado en un corregimiento, una región con una sola jurisdicción (Acuña, 1986; Friedlander, 1975). En la primera mitad del siglo XX, Tetela del Volcán fue elevado a la categoría de municipio, que incorporó también a la población indígena de Hueyapan (figura 4, p. 10).

A partir del trabajo de campo llevado a cabo en Hueyapan durante dieciocho meses en los años 2015, 2017 y 2021, trabajé con personas cercanas al movimiento que promovió la independencia (municipalización) de Hueyapan del municipio de Tetela del Volcán. Aunque los campesinos locales consideran que la noción de municipio es una estrategia gubernamental, algunos pobladores de Hueyapan tienen varias razones para apoyar esta iniciativa por voluntad propia. Una de ellas concierne a los conflictos por el control del agua; otra apunta

Figura 4
Localización de los pueblos de Tetela del Volcán y Hueyapan,
cuando ambos formaban parte del municipio de Tetela del Volcán



Fuente: INEGI (2005).

a superar una percepción general entre los habitantes de Tetela del Volcán sobre el supuesto *atraso* de los pobladores de Hueyapan.

Uno de los actores fundamentales en el movimiento de municipalización de Hueyapan ha sido Lilia González, una mujer cuyo liderazgo ha sido fundamental para los procesos políticos actuales en esta zona (Villagómez-Reséndiz, 2022). Ella fue electa para gestionar los trámites en el proceso de creación del municipio. En una asamblea —que constituye el máximo órgano de decisión del pueblo de Hueyapan—, González, junto con Abraham Genís y otros miembros del Comisariado Ejidal, retomaron la promesa de Graco Ramírez, gobernador de Morelos en ese momento, de municipalizar el pueblo.

A través de un intenso trabajo y movilizaciones sociales se logró llevar a Hueyapan hacia su municipalización a principios de 2017; sin embargo, los conflictos internos comenzaron a sacudir la organización comunitaria. El ayudante de Hueyapan¹ en ese momento tenía intereses ajenos a la comunidad, en parte debido a sus ambiciones personales, por lo que desafió y suspendió a Lilia González. Tras la resistencia política, González reanudó su trabajo municipal, pero esta vez más allá de los trámites burocráticos.

¹ Cargo político en el marco de la Ley Orgánica municipal, anterior a la municipalización indígena.

A finales de 2017 se promulgó el decreto número 2343 por el que se creó el municipio indígena de Hueyapan, el cual fue publicado en el periódico oficial *Tierra y Libertad* (Secretaría de Gobierno, 2017). Este decreto separa a la comunidad de Hueyapan del municipio de Tetela del Volcán e incluye los barrios de San Bartolo, San Jacinto, San Miguel, San Andrés, San Felipe, y las rancherías de Tlalcomulco, Huitzitziguiak, Tenería y Los Tejocotes.

El primer proyecto de decreto contenía anomalías y no fue sino hasta febrero de 2018 que se reconoció explícitamente al municipio indígena de Hueyapan, regido por usos y costumbres (Comunicación personal, 2021). Un segundo momento distintivo en el proceso de creación del municipio indígena tuvo que ver con la moción para obtener el registro geoestadístico de Hueyapan, la cual fue puesta en marcha por el ayudante antes mencionado, cuyo regreso al poder como figura política es fundamental para entender el conflicto interno de Hueyapan.

Municipalización indígena: más que un conflicto geográfico

Una vez que Hueyapan fue formalmente reconocido como municipio, el Concejo Indígena buscó formas de apoyar y afirmar su independencia, en un esfuerzo por adoptar una forma específica de categorizar el territorio y sus recursos naturales. Una de las formas más notables de hacerlo fue geográficamente, ya que implicaba una nueva delimitación de fronteras. Por ello, una tarea esencial de este nuevo concejo fue gestionar el registro geoestadístico del municipio, el cual no sólo ayudaría a resolver la delimitación territorial, sino también a que Hueyapan accediera directamente a los recursos federales. Pero para obtener este registro fue necesario conseguir la firma del municipio de Tetela del Volcán, que colinda con Hueyapan en un polígono de ochocientos metros de terreno ejidal.

El registro geoestadístico constituye un mecanismo fundamental de soporte de los límites de un nuevo territorio, que, como veremos más adelante, puede ayudar a ratificar antiguos límites o modificarlos. Hueyapan tiene tres tipos de tierras en su territorio: el ejido al sur; un pequeño polígono de propiedad privada en medio, y el resto es el paisaje comunal. La delimitación actual en conflicto que separa a Hueyapan de Tetela del Volcán corresponde al polígono ejidal, ya que en la parte comunal hubo una resolución legal previa. Asimismo, el registro geoestadístico incluye las revisiones históricas de los límites nominales con Tetela.

De acuerdo con Lilia González, a finales de 2018, el ayudante obtuvo una nueva resolución del Tribunal Electoral del Estado de Morelos (TEEM) que ratificaba su destitución y, concomitantemente, desaparecía el Concejo Indígena, bajo el argumento de la supuesta ilegalidad de la asamblea como máxima instancia de decisión y resolución. Esto es significativo porque la organización del concejo encarna el conocimiento relacionado con el gobierno indígena, pieza fundamental de la normatividad.

A partir de varios talleres donde participó Lilia González, se formuló una nueva propuesta normativa por parte del Concejo Indígena y el Concejo Mayor, que establece la pauta para regular a los servidores públicos dentro de un sistema de valores indígena. Sin embargo, el ayudante aprovechó la coyuntura para adelantarse a la incorporación de este documento, al convertirse en vocero de los jóvenes que aspiraban, o ya eran para entonces, técnicos y administradores del agua de Hueyapan. Además, según algunos pobladores, negoció verbalmente la entrega de dos manantiales al presidente de Tetela del Volcán, favoreciendo así los intereses subyacentes a la construcción del acueducto del PIM.

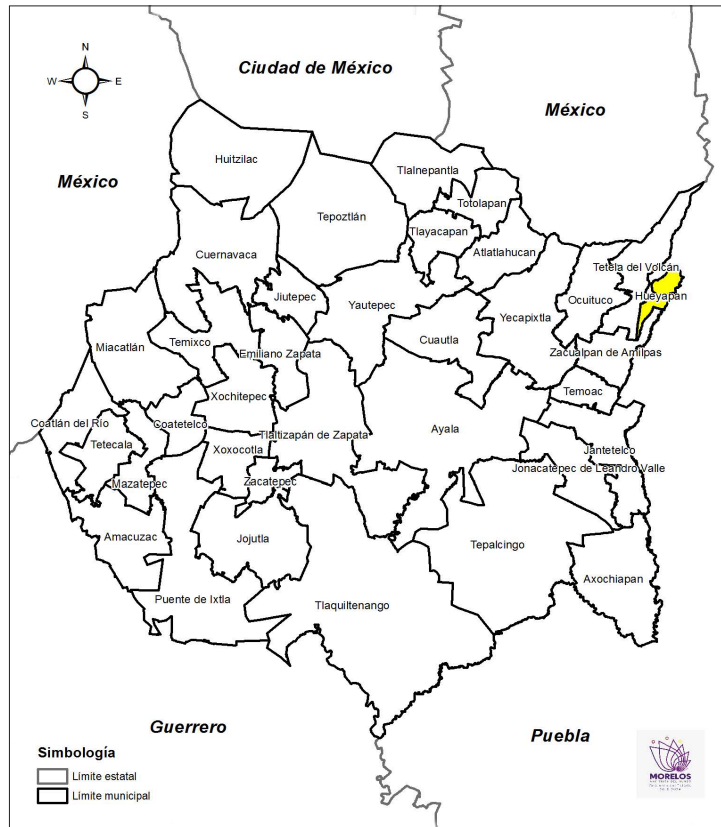
Uno de estos manantiales es el de Xantamalco, utilizado sobre todo para actividades de riego por cerca de ochocientas personas. El otro es el de Ahuayocan, cuyas aguas son aptas para consumo humano y se comparte con Hueyapan desde hace décadas. Aunque se trata de un conflicto añejo, la disputa siguió su curso, sobre todo cuando Tetela obtuvo la concesión por parte de las autoridades federales y compró ese territorio en 2018. Diferentes grupos de campesinos apoyaron al ayudante, lo que dejó a González y un pequeño grupo como oposición. Lilia González y el representante legal, Pablo Alonso Rodríguez, celebraron una reunión de emergencia para detener la transferencia, supuestamente ilegal, de los manantiales, para lo cual convencieron a los ancianos para que permanecieran en el Concejo Mayor. Posteriormente, el ayudante trató de bloquear la gestión del registro geoestadístico y, al mismo tiempo, empezó a fracturar la unión del pueblo mediante sobornos.

De acuerdo con Lilia González, el 15 de julio de 2020, Hueyapan recibió su registro geoestadístico por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), reconocido como el municipio número treinta y seis de Morelos (figura 5, p. 13). En consecuencia, se llevaron a cabo mesas de trabajo donde se socializaron los estatutos u ordenamientos municipales en diferentes temas, como salud, educación y la nueva organización política. La propuesta política fue presentada en la asamblea, pero no para los ciudadanos, sino para los servidores públicos, haciendo énfasis en normas y reglamentos, incluidas las sanciones correspondientes al Concejo Indígena.

La recepción de dicho documento no fue asimilada por todos los pobladores. Desde mediados de 2020 se produjeron disturbios y violencia con facciones organizativas del agua de Hueyapan que rechazaban la municipalización indígena. Otro elemento de la profunda fractura fueron las condiciones de salud de los ancianos miembros del Concejo Mayor, que fueron coaccionados por el ayudante y sus colaboradores. Sin embargo, a finales de 2020, la Sala Regional Ciudad de México del Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación (TEPJF), apoyada en la opinión del antropólogo Miguel Morayta, dictaminó que la asamblea denunciada por el ayudante era legítima (TEPJF, 2021).

El conflicto relativo al municipio de Hueyapan se ha desarrollado en varios niveles: uno tiene que ver con actores exógenos a la comunidad indígena, como el Estado, a través del

Figura 5
Nuevos límites del municipio indígena de Hueyapan



Fuente: Secretaría de Hacienda (2021, p. 4).

megaproyecto PIM y la corrupción de servidores públicos, mientras que otros se refieren a disputas internas en la búsqueda del poder. También es necesario referirse a las tensiones de larga data entre las comunidades de Hueyapan y Tetela, que se remontan a mucho tiempo atrás por una cuestión relativa a los sistemas hidráulicos, los cuales se ubicaron en una franja que, hasta ese momento, la gente identificaba como los límites entre ambos pueblos (Guzmán Ramírez et al., 2012). Aquí se entremezclaron varias fuentes de conocimiento local de los miembros de la comunidad de ambos pueblos. Sus conocimientos ambientales y técnicos informaron las decisiones sobre por dónde pasarían las mangueras y el cálculo de agua correspondiente a cada comunidad.

Ya para entonces se manifestaba la fricción entre la dimensión normativa y la dimensión ambiental/técnica del conocimiento local. Aunque esta situación ha sido documentada a detalle por Guzmán Ramírez et al. (2012), este conflicto de larga duración es un antecedente fundamental de la disputa que estalló por la independencia del municipio indígena de

Hueyapan. Históricamente, el proceso de formación de la identidad de Hueyapan tiende a constituir un sistema de valores indígenas hacia la naturaleza. Por el contrario, los habitantes de Tetela del Volcán también son campesinos, pero no indígenas, y tienden hacia visiones más modernistas. No obstante, ambas comunidades desplegaron infraestructuras hidráulicas utilizando el conocimiento local.

Si bien las autoridades federales han visto en la carta geoestadística de Hueyapan una forma de resolver un viejo conflicto territorial, Lilia González comenta que, después de recibir el registro geoestadístico, el conflicto con Tetela se recrudeció (Comunicación personal, 2021). Independientemente de lo que implica la carta geoestadística, los pobladores de Tetela, impulsados por su presidente, destruyeron la presa del manantial Mina y cortaron las mangueras que abastecían de agua a Hueyapan. Este escenario vuelve a ilustrar tensiones entre dimensiones del conocimiento local: una dimensión ambiental/técnica y una dimensión normativa.

Aun cuando el sistema sociotécnico hidráulico de Hueyapan y Tetela estuvo históricamente inserto en la ontogénesis territorial, la interpretación de la cantidad de agua, sus trayectos, así como los fluidos limítrofes y las intervenciones técnicas siempre favorecieron al municipio de Tetela, una antigua relación de poder que ahora pretende reivindicar al actual municipio indígena de Hueyapan. La dimensión normativa de esta representación geográfica, promulgada en la propuesta política, queda patente en el relato etnográfico y se refiere de forma implícita a una visión indígena de la gestión de los recursos naturales que requiere su discusión en la asamblea general y que prohíbe su explotación por parte de las autoridades. De esta manera, los habitantes de este municipio indígena tomarán decisiones sobre su territorio con autodeterminación y autonomía.

Consideraciones finales

Aunque varios aspectos del conflicto interétnico entre Hueyapan y Tetela llegaron a un nivel constitucional, históricamente ambas comunidades han desplegado una serie de conocimientos locales relacionados con el sistema hídrico sociotécnico para mantener el control de la mayor cantidad de agua posible, una situación que otrora los llevó a confrontarse con los pueblos de la parte baja del Amatzinac. Como hemos visto, ahora el proceso de municipalización indígena introdujo nuevos elementos en este conflicto, sobre todo porque los técnicos y administradores del agua de Hueyapan eran personas más jóvenes que simpatizaban con una visión modernista.

He sugerido un punto de vista relacional sobre la territorialidad que, en lugar de comprometerse con una cuestión espacial —es decir, el territorio—, aborda las múltiples dimensiones subyacentes al conocimiento local, proyectadas sobre una disposición territorial dentro de un municipio indígena. La territorialidad permite identificar solapamientos parciales y

tensiones entre diferentes regímenes territoriales a un nivel superficial, remediados temporalmente con una sentencia constitucional.

Si bien a nivel interno la territorialidad ha permitido a Hueyapan concebirse como algo más que una delimitación física, el alcance de las políticas relacionadas con la naturaleza es aún incipiente. Asimismo, el proceso institucional en términos del decreto oficial o la carta geoestadística es sólo la parte inicial de una forma emergente de territorialidad. Más bien, ésta se constituye precisamente por las resonancias que la acompañan, a veces marcadas por la movilización y el conflicto, otras veces por formas más complejas de establecimiento de usos y costumbres. En el caso de un municipio indígena, estas resonancias, que subyacen a la movilización del conocimiento local, tienen que ver con la normativa y los valores.

En oposición a la Ley Orgánica, que usualmente designaba una autoridad central para mediar entre las comunidades y el gobierno federal, el Concejo Mayor de Hueyapan fue integrado por cinco ancianos de cada uno de los cinco barrios del nuevo municipio, y su función es la de ser un contralor que vigila al Concejo Municipal Indígena en sus funciones ejecutivas. Al mismo tiempo, si bien la máxima autoridad es la Asamblea General, el Concejo Mayor es el único facultado para convocar a una asamblea y su brazo ejecutor está formado por diez comandantes (dos por cada barrio).

Como vimos antes, otros vectores que influyen en la territorialidad tienen que ver con conflictos internos relacionados con la edad y el género. Por lo tanto, no todos los conocimientos locales encajan en la municipalización indígena de Hueyapan, sino que están en constante negociación como parte del desarrollo de la ontogénesis territorial. La creciente complejidad presente en esta propuesta política es un ejemplo de cómo el conocimiento local ha desempeñado un papel en términos normativos, cuya importancia no se limitó a la disputa por el municipio o la carta geoestadística. Sin embargo, su relevancia continúa a medida que la dimensión normativa consolida gradualmente una organización social en un naciente municipio indígena. Otro desafío consiste en sopesar las prioridades en las que el municipio invertirá los recursos federales a los que ya tendrá acceso, lo que determinará las trayectorias futuras de esta forma de territorialidad.

Agradecimientos

Esta investigación es producto de una beca posdoctoral de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como Becario del Programa de Becas Posdoctorales en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), supervisado por la doctora Leticia Durand.

Referencias

- Acuña, R. (1986). Relación de Tetela y Hueyapan. En R. Acuña (ed.), *Relaciones geográficas del siglo XVI: México* (pp. 255-274, tomo 2). IIA-UNAM, Serie Antropológica 63. <http://ru.iiia.unam.mx:8080/handle/10684/98>
- Agrawal, A. (1994). Dismantling the divide between indigenous and scientific knowledge. *Development and Change*, 26(3), 413-439. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1995.tb00560.x>
- Aragón Andrade, O. (2019). *El derecho en insurrección. Hacia una antropología jurídica militante desde la experiencia de Cherán, México*. ENES Morelia-UNAM.
- Argueta Villamar, A. (2011). Introducción. En A. Argueta Villamar, E. Corona-M. y P. Hersch (coords.), *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México* (pp. 11-50). CRIM-UNAM/UIA. <https://shorturl.at/9Rdlj>
- Barrera-Bassols, N. y Toledo, V. M. (2005). Ethnoecology of the yucatec maya: symbolism, knowledge and management of natural resources. *Journal of Latin American Geography*, 4(1), 9-41. <https://doi.org/10.1353/lag.2005.0021>
- Barretto Filho, H. (2014). Gestão ambiental e territorial: um panorama dos espaços territoriais especialmente protegidos no Brasil. En P. E. Little (org.), *Novos desafios da política ambiental brasileira* (pp. 274-302). IEB. <https://shorturl.at/OVfKQ>
- Berkes, F. (2008). *Sacred ecology*. Routledge.
- Biersack, A. (2006). Reimagining Political Ecology: Culture/Power/History/Nature. En A. Biersack y J. Greenberg (eds.), *Reimagining Political Ecology* (pp. 3-42). Duke University Press. <https://doi.org/10.1215/9780822388142>
- Boyer, C. (2015). *Political landscapes. Forest, conservation and community in Mexico*. Duke University Press.
- Bray, T. (2015). Andean Wak'as and alternative configurations of persons, power, and things. En T. Bray (ed.), *The archaeology of wak'as. exploration of the sacred in the Pre-Columbian Andes* (pp. 3-22). University Press of Colorado.
- Bustamante Ponce, T. (2016). *Historia de la conservación ambiental en Ecuador. Volcanes, tortugas, geólogos y políticos*. FLACSO Ecuador/Abya-Yala. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/143355-opac>
- Contreras Servín, C. (2005). Antecedentes históricos del ordenamiento territorial de México: la obra de Orozco y Berra. *Boletín del Sistema Nacional de Estadística y Geografía*, 1(2), pp. 82-94. <https://shorturl.at/uoam6>
- Curiel, C. (2015). "Que 20 años no es nada". Los sistemas normativos en Oaxaca: una política del reconocimiento a la mexicana. En C. Curiel, J. Hernández-Díaz y H. Worthen (coords.), *Los dilemas de la política del reconocimiento en México* (pp. 17-52). IIS-UABJO/Juan Pablos Editor. <https://shorturl.at/JcjVR>

- Ellen, R. (2007). Introduction. En R. Ellen (ed.), *Modern crises and traditional strategies. Local ecological knowledge in island southeast Asia* (vol. 6, Studies in Environmental Anthropology and Ethnobiology, pp. 1-45). Berghahn Books. <https://doi.org/10.3167/9781845453121>
- Forsyth, T. (2011). Politicizing environmental explanations: what can political ecology learn from sociology and philosophy of science? En M. J. Goldman, P. Nadasdy y M. D. Turner (eds.), *Knowing nature. Conversations at the intersections of political ecology and science studies* (pp. 31-46). Chicago University Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/K/bo10348588.html>
- Friedlander, J. (1975). *Ser indio en Hueyapan*. FCE.
- Gaillemin, B. (2004). El mapa de Hueyapan. XXVI Convegno Internazionale di Americanistica-Perugia, del 7 al 10 de mayo, Perugia. https://www.academia.edu/626082/El_mapa_de_Hueyapan
- González Rivadeneira, T. y Argueta Villamar, A. (2018). Del bosque a la mesa: conocimientos tradicionales sobre los hongos alimenticios de la comunidad purhépecha de Cherán K'eri, *Revue D'ethnoécologie*, 13, 1-19. <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.3488>
- Guzmán Gómez, E. y Guzmán Ramírez, N. B. (2017). *Conocimientos y adaptaciones tecnológicas en los Altos de Morelos*. UAEM (Praxis Digital 11). <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1476>
- Guzmán Ramírez, N. B., Reyes Quintero, M., Pérez Rodríguez, A. I. y González Flores, L. (2012). Agua y territorio comunitario: Tetela del Volcán vs. Hueyapan. En S. Vargas Velázquez, E. Mollard y A. G. de los Reyes (coords.), *Los conflictos por el agua en México: caracterización y prospectiva* (pp. 70-94). UAEM/IMTA. https://www.researchgate.net/publication/348281429_Agua_y_territorio_comunitario_Tetela_vs_Hueyapan
- Head, L. (2010). Cultural landscapes. En D. Hicks y M. Beaudry (eds.), *The Oxford handbook of material culture studies* (pp. 427-439). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199218714.001.0001>
- Hernández-Ávila, L. (2010). Territorios, territorialidades y multiculturalismo. En L. Montenegro (ed.), *Cultura y naturaleza. Aproximaciones a propósito del bicentenario de la independencia de Colombia* (pp. 295-308). Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Centro de Investigación y Desarrollo Científico. <https://filosofia.uaq.mx/docs/measc/conv2020/Ulloa-p%C3%A1g.25%20a%2048.pdf>
- Hornborg, A. (2005). Ethnogenesis, regional integration, and ecology in prehistoric Amazonia. Toward a system perspective. *Current Anthropology*, 46(4), 589-620. <https://doi.org/10.1086/431530>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005). Mapa de localidades del Municipio de Tetela del Volcán en el estado de Morelos, México [mapa]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tetela_del_Volcan_localidades.svg?uselang=es
- Kottak, C. P. (2006). The new ecological anthropology. En N. Haenn, R. R. Wilky y A. Harnish (eds.), *The environment in anthropology. A reader in ecology, culture and sustainable living* (pp. 40-52). New York University. <https://nyupress.org/9781479876761/the-environment-in-anthropology-second-edition/>
- Leach, J. (2012). Leaving the magic out: knowledge and effect in different places. *A Journal of Social Anthropology and Comparative Sociology*, 22(3), 251-270. <https://doi.org/10.1080/00664677.2012.723611>
- Ludwig, D. y El-Hani, C. N. (2020). Philosophy of Ethnobiology: understanding knowledge integration and its limitations. *Society of Ethnobiology*, 40(1), 3-20. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-40.1.3>
- Ludwig, D. y Boogaard, B. (2022). Making transdisciplinarity work. An epistemology of inclusive development and innovation. En D. Ludwig, B. Boogaard, P. Macnagthen y C. Leeuwis (eds.), *The politics of knowledge in inclusive development and innovation* (pp. 19-33). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003112525>
- Luna Nemecio, J. (2023). *El Proyecto Integral Morelos. Devastación ecológica y conflictos socioambientales por la defensa del agua*. UAQ/Kresearch.
- Main Johnson, L. y Hunn, E. (2010). *Landscape ethnoecology. Concepts of biotic and physical space*. Bergham Books. <https://doi.org/10.3167/9781845456139>
- Nadasdy, P. (1999). The politics of tek: power and the "Integration" of knowledge. *Artic Anthropology*, 36(1-2), 1-18. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:52037979>
- Nadasdy, P. (2011). "We don't harvest animals; we kill them": agricultural metaphors and the politics of wildlife management in the Yukon. En M. J. Goldman, P. Nadasdy y M. D. Turner (eds.), *Knowing nature: Conversations at the intersections of political ecology and science studies* (pp. 135-151). Chicago University Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/K/bo10348588.html>
- Pottier, J. (2003). Negotiating local knowledge: An Introduction. En J. Pottier, A. Bicker y P. Sillitoe (eds.), *Negotiating local knowledge. Power and identity in development* (pp. 1-29). Pluto Press. <https://www.plutobooks.com/9781783719273/negotiating-local-knowledge/>
- Rojas Rabiela, T. (2011). Las presas de derivación en México: un caso de persistencia tecnológica prehispánica. *Revista Digital Universitaria*, 12(10), 3-14. <https://www.ru.tic.unam.mx/handle/123456789/1936>

- Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación (9 de julio de 2021). SCM-JDC-2/2021.- Juicios para la protección de los derechos político-electorales del ciudadano (y personas ciudadanas). Poder Judicial de la Federación. <https://www.te.gob.mx/media/SentenciasN/pdf/df/SCM-JDC-0002-2021.pdf>
- Secretaría de Gobierno (19 de diciembre de 2017). Decreto número dos mil trescientos cuarenta y tres.- Por el que se crea el municipio de Hueyapan, Morelos. *Periódico Oficial "Tierra y Libertad". Órgano del Gobierno del Estado Libre y Soberano de Morelos*, 5561, 6ª época. <https://periodico.morelos.gob.mx/obtenerPDF/2017/5561.pdf>
- Secretaría de Hacienda (2021). Mapa 1. Situación geográfica [mapa]. *Síntesis estadística municipal 2021. Hueyapan*. Gobierno del Estado de Morelos 2018-2024. https://www.hacienda.morelos.gob.mx/images/docu_planeacion/planea_estrategica/planes_municipales/HUEYAPAN2021_UltimaActualizacin1.pdf
- Sigaut, F. (1999). Revenir à une géographie des techniques? En J. L. Jamard, A. Montigny y F. R. Picon (eds.), *Dans le sillage des techniques. Hommage à Robert Cresswell* (pp. 513-531). L'Harmattan.
- Sillitoe, P. (2002). Participant observation to participatory development: making anthropology work. En P. Sillitoe, A. Bicker y J. Pottier (eds.), *Participating in development. Approaches to indigenous knowledge* (pp. 1-23). Routledge.
- Simondon, G. (2015). Cultura y técnica. En J. Blanco, D. Parente, P. Rodríguez y A. Vaccari (eds.), *Amar las máquinas. Cultura y técnica en Gilbert Simondon* (pp. 19-34). Prometeo. Trabajo original publicado en 1980.
- Villagómez Reséndiz, R. (2017). Los guardianes del agua: cosmopolítica y conservación del agua en los Altos de Morelos, México. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 22, pp. 27-45. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.22.2017.2709>
- Villagómez-Reséndiz, R. (2022). Agua, territorio e identidad: el liderazgo de las mujeres en los Altos de Morelos, México, y Cayambe, Ecuador. En M. C. Martínez Omaña y A. Rodríguez Sánchez (coords.), *Estudios del agua con enfoque de género. Testimonios de conflictos urbanos, estructuras de poder rural, liderazgo de mujeres y procesos en resistencia* (sp). Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. <https://ru.crim.unam.mx/handle/123456789/1697>
- Wagner, R. (1975). *The invention of culture*. University of Chicago Press.
- Wolfe, M. D. (2017). *Watering the Revolution. An environmental and technological history of agrarian reform in Mexico*. Duke University Press.

ARTÍCULOS

Análisis del rendimiento en Matemáticas I en preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, Tamaulipas

Analysis of performance in Mathematics I in federalized high schools in Ciudad Victoria, Tamaulipas

Leopoldo Jesús Boeta González

ORCID: 0009-0009-9834-9633, poloboeta@gmail.com

Universidad Politécnica de Victoria (UP Victoria)

Susana Boeta González

ORCID: 0000-0003-3050-3672, sboetag@upv.edu.mx

Universidad Politécnica de Victoria (UP Victoria)

Recepción: 07/08/23. Aceptación: 21/08/24. Publicación: 26/09/24

RESUMEN

El desarrollo de competencias en matemáticas ha tenido modificaciones a lo largo del tiempo, por lo que es necesario realizar cambios y adaptaciones relacionadas con el sistema educativo, estudiantes, contexto y profesores. El estudio aquí presentado se realizó con el objetivo de explicar la relación entre el rendimiento académico y el interés en la asignatura de Matemáticas I, con una metodología cuantitativa por medio de estudios de casos y mediante el análisis de los sujetos de las tres preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, para obtener así datos contextualizados y de validez científica. Los resultados brindaron información sobre las áreas de oportunidad institucionales, que facilitarían al estudiante el aprendizaje, su tránsito académico y su desarrollo posterior.

PALABRAS CLAVE

aprovechamiento escolar, evaluación, matemáticas

ABSTRACT

The development of competences in mathematics had modifications, it is necessary to make changes and adaptations related to the educational system, students, context and teachers. The study has the objective of explaining the relationship between academic performance and interest in the subject of Mathematics I, with a quantitative methodology and case studies, analyzing the subjects of the three high schools in Tamaulipas, Mexico located in Victoria City, obtaining contextualized and scientifically valid data. The results provided information on institutional opportunity areas, student learning, academic life and subsequent development.

KEYWORDS

school achievement, evaluation, mathematics

Introducción

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo y se desarrolló con la participación de estudiantes de las escuelas preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, como sujetos de estudio. El objetivo general fue explicar la relación entre el rendimiento académico y el interés en la asignatura de Matemáticas I en estas escuelas.

Existe un creciente interés por la calidad y la cultura de la evaluación, que influye decisivamente en las políticas educativas en gran parte del mundo, principalmente en países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). El Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA), en su edición 2022, sitúa a México, junto con Costa Rica y Colombia, en los tres últimos lugares en los resultados en matemáticas; los más relevantes son Japón, Corea del Sur y Estonia (Instituto Mexicano para la Competencia [IMCO], 2023).

El bajo puntaje de los mexicanos ha continuado desde el año 2000 en Comprensión Lectora, Ciencias y, especialmente, Matemáticas, con respecto al promedio de los países de la OCDE, que de 409 puntos en 2018 disminuyó a 395 en 2022. Lo anterior representa una preocupación significativa si se considera la relevancia de la aplicación matemática, ya que es una habilidad requerida en el mundo laboral y empresarial, principalmente para el desarrollo tecnológico, así como en la toma de decisiones mediante el uso de la creatividad, el pensamiento crítico y sistémico y la investigación aplicada. Por ello, se ve como una prioridad el promover estrategias para la mejora dentro de la Nueva Escuela Mexicana, destinar un mayor porcentaje del producto interno bruto en educación y realizar evaluaciones estandarizadas (IMCO, 2023).

Justificando la necesidad de realizar un estudio con la información antes descrita, se trabajó a partir de la pregunta sobre si existe alguna relación entre el rendimiento académico y el interés en la asignatura de Matemáticas I. Como hipótesis de investigación se planteó que el agrado por las matemáticas se asocia de manera positiva con el rendimiento en esta asignatura.

Marco teórico

Los estudios realizados sobre esta temática destacan los siguientes hallazgos: una investigación realizada en dos colegios de primaria en una ciudad española muestran una correlación significativa entre rendimiento académico e interés por la asignatura en relación con la noción de motivación interna, la cual se considera como extrínseca cuando se trata de obtener un resultado y tiene como consecuencia un determinado rendimiento, por ejemplo, cuando se espera aprobar. También es posible destacar la práctica formal mediante actividades de apoyo por parte de los padres y con el desarrollo de una regulación controlada extrínseca por culpabilidad o pena. Por otro lado, la relevancia que muestran los padres en la materia

y su relación con el alumno tienen una motivación intrínseca, en donde los niños, de manera innata, muestran una necesidad de competencia y autodeterminación (Sixte et al., 2020).

El estudio empírico-analítico de tipo correlacional aplicado en un colegio privado de secundaria en Colombia determinó una relación inversa, donde se reconoció que, a mayor ansiedad, menor rendimiento académico, y son las niñas quienes reflejan un mayor índice de este tipo, lo cual muestra el impacto de las habilidades socioemocionales en los resultados académicos (Villamizar Acevedo et al., 2020).

En el mismo nivel educativo, en la institución de Santo Domingo de Jicamarca-Lima, como parte de una investigación correlacional, se demostró una asociación positiva entre la gestión pedagógica y el rendimiento en el área de matemáticas. Contribuyó para ello, en gran medida, una mejora en los ambientes de aprendizaje, así como en los contenidos de los programas de estudio (Bravo-Aranibar et al., 2020).

De acuerdo con el análisis realizado en el nivel medio superior del Colegio de Bachilleres Militarizado General Mariano Escobedo del Estado de Nuevo León, el cual fue transversal, no experimental, descriptivo y correlacional, se considera que el desempeño del docente y el rendimiento académico se relacionan con los aspectos positivos del estudiante, como la perseverancia, resiliencia y disciplina (Lozano Treviño y Maldonado Maldonado, 2021).

Chacón-Vargas y Roldán-Villalobos (2021) realizaron un estudio en el Instituto Tecnológico de Costa Rica por medio de un análisis de regresión y pruebas no paramétricas de ajuste e independencia a nivel universitario, donde se identificó una correlación significativa de la calificación al final del curso con el promedio de ingreso, las evaluaciones de aptitud académica referentes al razonamiento matemático y verbal, el promedio de los dos últimos años de secundaria, así como el nivel socioeconómico medido por el ingreso familiar. Además, las variables categóricas más relevantes fueron el tipo de escuela de procedencia —la semiprivada tuvo la mayor aprobación—, la modalidad —académico, técnico o experimental bilingüe, este último con mayor aprobación en escuelas públicas con más alto porcentaje de matrícula (55%)— y la percepción de los alumnos en cuanto a las dificultades en la asignatura, quienes presentaron un incremento en aprobación cuando no tuvieron inconvenientes en la educación media.

El mismo Chacón-Vargas (2022) investigó en esa unidad de análisis el impacto de las tutorías entre pares como parte del Programa Éxito Académico, donde identificó, por medio de pruebas de bondad de ajuste, que no existió alguna diferencia significativa entre las calificaciones de los estudiantes del programa y el total de matrícula en el curso, pero la tendencia del promedio de calificaciones es mayor de acuerdo con el número de sesiones a las que éstos asistieron efectivamente.

En el caso de la investigación que aquí se presenta, la metodología de multicaso fue elegida por el apego a los datos cuantitativos obtenidos. Los resultados brindaron información

Figura 1
Fórmula para población finita

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Fuente: PSYMA (2022).

sobre las áreas de oportunidad y las bases para proponer políticas institucionales que faciliten al estudiante su tránsito académico por el nivel medio superior y la satisfacción de necesidades de desarrollo posteriores en el área de las matemáticas.

Metodología

La parte metodológica consta de recopilación, procesamiento y análisis en la generación del trabajo de investigación (Savall y Zardet, 2011). Este trabajo es de tipo deductivo no experimental, con lo que se logra explicar un panorama cuantitativo. El fenómeno de estudio es la situación del rendimiento escolar y sus aspectos relacionados, para lo cual se utilizó como población a los estudiantes del turno matutino de la Escuela Preparatoria Federalizada No. 1 Ing. Marte R. Gómez, la Escuela Preparatoria Federalizada No. 2 Lic. Aniceto Villanueva Martínez y la Escuela Preparatoria Federalizada No. 3 Carlos Adrián Avilés Bortolussi, todas localizadas en Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Se recolectaron datos cuantitativos relacionados con la calificación en la asignatura de Matemáticas I y con la opinión de los estudiantes sobre los factores asociados a los diferentes resultados de rendimiento en la materia en cuestión. Al tener las tres escuelas el mismo plan de estudios emitido por la Dirección General de Bachillerato, se consideró una situación contextual similar, pues la investigación se desarrolló en la misma ciudad y durante el mismo periodo de tiempo. Para la elección de la población de estudiantes se consideró la totalidad de los jóvenes inscritos en las tres instituciones educativas al corte del primer parcial de calificaciones.

Por su parte, la muestra se determinó con una cantidad mínima requerida para formar un subgrupo perteneciente a una población; ésta es representativa del conjunto poblacional y es seleccionada al azar o aleatoriamente. Se inicia por los grupos disponibles al momento de la visita hasta completar el número necesario, el cual fue el resultado de aplicar la fórmula para muestras finitas, puesto que se conoce el número total de la población por los datos proporcionados por las instituciones (figura 1).

El significado de los elementos de la fórmula para muestras finitas se explica en la tabla 1 y la cantidad de muestra obtenida para cada escuela preparatoria según su población se muestra en la tabla 2 (p. 5).

Tabla 1
Significado de los elementos de la fórmula para muestras finitas

Símbolo	Significado
N	Tamaño de la muestra buscado
N	Tamaño de la población buscado
Z	Parámetro estadístico que depende de N
$e = d$	Error de estimación máximo aceptado
P	Probabilidad de que ocurra el evento estadístico
Q	(1-p) Probabilidad de que no ocurra el evento estadístico

Fuente: PSYMA (2022).

Tabla 2
Tamaño de la muestra y población de cada preparatoria

	P #1	P #2	P #3
n= Tamaño de la muestra buscado	149	139	80
N= Tamaño de la población	306	268	110

Fuente: elaboración propia con base en información proporcionada en las instituciones.

La ponderación utilizada para obtener los resultados de la tabla 2 se aplicó a juicio de los autores, especificando los criterios de la fórmula de la siguiente manera: confiabilidad: 95%; margen de error aceptado: 5%; parámetro estadístico: 1.96%; probabilidad de que los estudiantes contesten: 75%; probabilidad de que no contesten: 25%, este último porque se acudió de manera personal a las preparatorias para solicitar al estudiante responder el instrumento.

El procesamiento de los datos se realizó por medio del programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Statistics), donde se calcularon medidas de tendencia central y dispersión. Una vez validado por el índice Alfa de Cronbach, el instrumento se aplicó a estudiantes muestra, conjunto de sujetos elegidos aleatoriamente a partir de los grupos disponibles al momento de la visita. Los datos obtenidos del paso anterior se sometieron a análisis no paramétricos con chi-cuadrada para determinar el grado de asociación de las variables categóricas. Estas últimas fueron subclasificadas de la siguiente manera: "alto rendimiento", con calificación de 10 a 8; "bajo rendimiento", de 7 a 5, así como "de acuerdo" (totalmente de acuerdo y de acuerdo) e "indiferente o en desacuerdo" (indiferente, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo).

Análisis y resultados

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó con sujetos de estudio de las escuelas preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, Tamaulipas, mediante la aplicación del método cuantitativo, que permite aceptar la hipótesis de investigación.

Como se mencionó en el apartado anterior, se aplicó una prueba piloto por medio del instrumento mencionado, al no obtener resultados aceptables en la validación, por ser demasiado extenso y provocar cansancio en los sujetos, además de que no se consideran datos necesarios para la presente investigación. Por lo anterior, se decidió realizar un diseño propio que atendiera las recomendaciones de Hernández Sampieri et al. (2014), con las cuales se elaboró un nuevo cuestionario. Este nuevo instrumento fue validado con el índice Alfa de Cronbach para el contexto de las tres preparatorias, el cual dio los resultados de 0.35 en la preparatoria No. 1, 0.66 para la No. 2 y 0.67 en la No. 3, los últimos dos con mayor nivel de aceptación para estudios exploratorios (Hernández Sampieri et al., 2014). No hay una regla específica, pero 0.60 es adecuado para estudios exploratorios, 0.70 para fines confirmatorios y 0.80 tiene un alcance explicativo; sin embargo, una puntuación mayor a 0.90 indica redundancia en ítems.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evaluó la totalidad de los ítems con la finalidad de obtener en el futuro un mejor indicador que esté relacionado con una mayor fiabilidad del instrumento, con lo cual se encontró una coincidencia que se considera relevante como parte de la totalidad de los ítems aplicados a las tres preparatorias. El ítem número 4, "Los problemas personales/familiares me afectan en las calificaciones de matemáticas", obtuvo el mayor valor en mediana y varianza si se borra el componente, así como el menor valor o incluso un valor negativo para la correlación ítem-total corregida, ya que es el que tiene menos relación con el instrumento, o bien, la redacción no es adecuada para la medición. Lo anterior lleva a la recomendación de eliminar el ítem 4, con lo cual se obtiene 0.57 en la preparatoria No. 1, 0.75 en la No. 2 y 0.72 en la No. 3, que son los mejores resultados en el índice Alfa de Cronbach. Con ello se pasa de un instrumento de siete ítems a uno de seis.

Para brindar información de mayor precisión al comprobar la hipótesis, se realizó el análisis para pruebas no paramétricas de chi-cuadrada, de lo cual resultó que la agrupación de los datos en cuanto al agrado por las matemáticas es la que tiene mayor valor de significancia y de chi-cuadrada. Este compartimento es similar para la variable de las matemáticas en las tres preparatorias, por lo que se considera uno de los factores dominantes en lo referente al rendimiento en esta materia, específicamente, chi-cuadrada con valores de 3.77 para la preparatoria No. 1, 6.95 para la No. 2 y 10.81 para la No. 3.

Estos valores están alejados de 0 (cero), lo que, según Spiegel (2000), indica que, entre mayor sea x^2 , mayores discrepancias existen, es decir, en los grupos de sujetos en cada una de las preparatorias tienen diferente grado de asociación. Sin embargo, el resultado más relevante en cuanto a aceptar o no la hipótesis de investigación es que las tres preparatorias resultaron con valores aceptables de significancia, los cuales afirman cuantitativamente la existencia de una distribución que permite asociar las variables de rendimiento escolar y su agrado por ella entre los estudiantes de Matemáticas I en las preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria.

Se encuentra una coincidencia relevante en cuanto al agrado por la materia y los resultados de las calificaciones: la preparatoria No. 1 es la que obtuvo un valor de $x^2 = 3.77$ y tiene 88% de aprobación; $x^2 = 6.95$ en la preparatoria No. 2 con 56% de aprobación y la preparatoria No. 3 obtuvo $x^2 = 10.81$ y 59% de aprobación. Se interpreta que existe relación entre estos resultados: a mayor asociación existente (x^2 más cercano a 0), mayor será el porcentaje de aprobación, por lo que, de influenciar aspectos positivos del estudio de las matemáticas en el estudiante, éste lograría aumentar su rendimiento.

En cuanto a las variables referentes a los profesores y la familia, la primera tiene una ligera asociación y, por lo tanto, un reducido factor de influencia con respecto a chi-cuadrada, con valores de significancia superiores a 0.05, por lo que no son válidos para ser aceptados como confiables; sin embargo, sólo en la preparatoria No. 2 tiene significancia la aportación de la labor docente, aunque no se realiza una afirmación generalizada y contundente, puesto que los resultados de las preparatorias No. 1 y No. 3 no brindaron valores de significancia aceptables, por lo que ésta es una futura línea de investigación. Sobresale que algún aspecto de la gestión institucional tiene un efecto favorable en los profesores de la preparatoria No. 2.

El estudio permite afirmar que, para los estudiantes de primer semestre inscritos en la generación 2019-2022 de las escuelas preparatorias federalizadas No. 1, No. 2, y No. 3, existe una asociación entre el rendimiento en Matemáticas I visto como su calificación y el agrado por esta asignatura. Los sujetos generalmente presentan una relación positiva entre el interés y el gusto por las matemáticas con respecto a su calificación, es decir, si el estudiante está interesado y siente algún gusto, es posible asociar con ello que su calificación sea aprobatoria en la materia; de lo contrario, si no hay agrado, se asocia con una calificación baja o incluso reprobatoria.

Profundizando en la explicación de las causas del alto interés en las matemáticas y su aprovechamiento, se vuelve partícipe la intención de obtener herramientas que favorezcan el ingreso a la universidad, así como la búsqueda de un buen trabajo; se presenta además, de forma complementaria, el esfuerzo docente durante la cátedra, así como el apoyo familiar a manera de consejos o motivación, y aumentan las posibilidades de obtener calificaciones favorables o excelentes. Con esto se logra superar las posibles deficiencias que el estudiante pudiera tener en la apropiación de conocimientos y habilidades matemáticas que debió adquirir en niveles educativos inferiores.

Por el contrario, cuando se presenta un aprovechamiento bajo en la misma materia, éste es causado por la ausencia de un interés por las matemáticas que se relacione con algún beneficio futuro para el estudiante, lo cual indica que el factor dominante tiende a ir perdiendo poder en la canalización de sus acciones. Los factores de segundo plano son el esfuerzo docente y la motivación familiar, que difícilmente lograrán recuperar el entusiasmo al respecto. Junto con esta situación se acumula una probable deficiencia en cuanto a los aprendizajes

esperados y las habilidades que se debieron desarrollar en los niveles precedentes para los estudiantes con reprobación o calificaciones mínimas requeridas para aprobar.

Se detectó como limitantes que pueden ser atendidos, en futuras líneas de investigación en las escuelas preparatorias federalizadas de Ciudad Victoria, la labor docente y lo referente al apoyo y la motivación que pudieran aportar las familias de estos estudiantes con respecto el rendimiento escolar.

Conclusiones

A manera de conclusión, por medio del método cuantitativo, es posible aceptar la hipótesis de investigación, ya que las manifestaciones de los sujetos del estudio permiten afirmar que éstos basan su éxito académico no sólo en la calificación, sino que le dan prioridad al aprendizaje y la formación personal que logran a través de la escolarización. El nivel de la acreditación se complementa con el aprendizaje actitudinal, y también se afirma que los estudiantes de primer semestre de la generación 2019-2022 de las escuelas preparatorias federalizadas No. 1, No. 2, y No. 3 tienen una asociación entre el rendimiento en Matemáticas I visto como su calificación y el agrado por esta materia. Los sujetos presentan generalmente una relación positiva entre el interés y el gusto por las matemáticas con respecto a su calificación; de lo contrario, si no hay agrado, esto se asocia con una calificación baja o incluso reprobatoria.

Al profundizar en la explicación de las causas del alto interés en las matemáticas y su aprovechamiento, se vuelve partícipe la intención de obtener herramientas que favorezcan el ingreso a la universidad, así como la búsqueda de un trabajo con adecuada remuneración. Por el contrario, cuando se presenta un bajo aprovechamiento en esta materia, éste es causado por la ausencia de algún interés por las matemáticas relacionado con algún beneficio para el estudiante en el futuro. Con esto, el factor dominante en la canalización de las acciones del estudiante tiende a ir perdiendo poder.

Referencias

- Bravo-Aranibar, J. C., Bocángel-Weydert, G. A. y Bocángel-Marín, G. A. (2020). Gestión pedagógica y el rendimiento escolar en el área de matemática. *Investigación Valdizana*, 14(1), 48-54. <https://doi.org/10.33554/riv.14.1.535>
- Chacón-Vargas, E. (2022). La tutoría entre pares y su incidencia sobre el rendimiento académico en un curso de matemática universitaria. *Revista Electrónica Educare*, 26(1), 362-379. <https://doi.org/10.15359/ree.26-1.20>
- Chacón-Vargas, É. y Roldán-Villalobos, G. (2021). Factores que inciden sobre el rendimiento académico de los estudiantes de primer ingreso del curso Matemática General del Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Uniciencia*, 35(1), 265-283. <https://doi.org/10.15359/ru.35-1.16>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc-Graw-Hill Interamericana.
- Instituto Mexicano para la Competitividad (2023). *PISA 2022: dos de cada tres estudiantes en México no alcanzan el nivel básico de aprendizajes en Matemáticas*. IMCO. Centro de Investigación en Política Pública. <https://imco.org.mx/pisa-2022-dos-de-cada-tres-estudiantes-en-mexico-no-alcanzan-el-nivel-basico-de-aprendizajes-en-matematicas/>
- Lozano Treviño, D. F. y Maldonado Maldonado, L. (2021). Relación entre el desempeño del docente de matemáticas y el rendimiento académico: caso de estudio de un colegio militarizado. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), e301-e349. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1094>
- PSYMA (1 de agosto de 2022). *PSYMA Passionate People Creative Solutions*. PSYMA. <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- Savall, H. y Zardet, V. (2011). *The Qualimetrics Approach. Observing the Complex Object*. IAP.
- Sixte, R. de, Jáñez, Á., Ramos, M. y Rosales, J. (2020). Motivación, rendimiento en Matemáticas y prácticas familiares: un estudio de su relación en 1º de Educación Primaria. *Psicología Educativa*, 26(1), 67-75. <https://doi.org/10.5093/psed2019a16>
- Spiegel, M. (2000). *Probabilidad y estadística*. Mc Graw-Hill Interamericana.
- Villamizar Acevedo, G., Araujo Arenas, T. Y. y Trujillo Calderón, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas*, 14(1), e2174-e2186. <https://doi.org/10.22235/cp.v14i1.2174>

inventio

La génesis de la cultura universitaria en Morelos

Año 20, núm. 50, 2024
ISSN: 2448-9026 (digital)

SIGNIFICAR CON TEXTOS

Fondo Editorial UAEM

- Perspectivas sobre la creatividad en educación
- Manual de educación financiera para emprendedores
- Diagnóstico participativo comunitario: Tepetzingo, Morelos
- Diversidad biológica e importancia cultural del estado de Morelos.
Importancia cultural, vol. II
- De maíces a maíces. Agriculturas locales, disputas globales
- Pasos para ser arqueóloga según Antonieta
- Migración y asentamientos indígenas en México
- Para comprender la educación en la época de las independencias.
Enfoques desde Chihuahua
- El impacto de la imagen en el arte, la cultura y la sociedad, vol. V
- Aproximaciones a las escrituras del Yo en Hispanoamérica



Perspectivas sobre la creatividad en educación

Gustavo Adolfo Enríquez Gutiérrez,

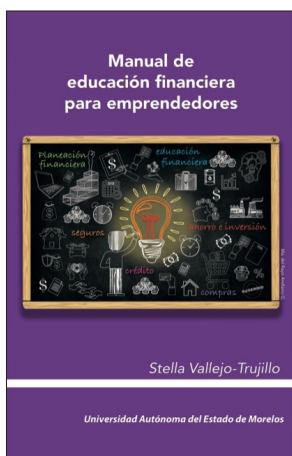
Luis Pérez Álvarez (coords.)

UAEM, Cuernavaca, 2018, 200 páginas

ISBN: 978-607-8519-95-8

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/perspectivas-sobre-la-creatividad-en-educacion/>

Este libro recupera de manera implícita discusiones que se han desarrollado en el terreno educativo, psicológico y social sobre la creatividad y la inteligencia durante el siglo pasado y el presente. En él se busca reflexionar sobre la creatividad en la educación desde distintas perspectivas, con la finalidad de invitar al lector a una reflexión conjunta y tratar de despertar nuevos sentidos sobre este tema. Sus capítulos son una invitación a seguir las ideas de los autores para pensar, repensar, disentir, discutir y dialogar con ellos y sus trabajos sobre la creación, el arte, la sociedad y la educación. Sus páginas son un pre-texto para la conversación en un con-texto académico, y un texto abierto a la discusión con los lectores como un lugar donde se pueda reflexionar con otras voces.



Manual de educación financiera para emprendedores

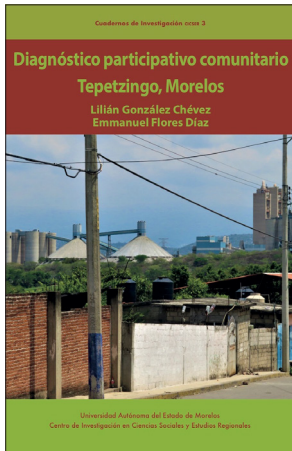
Stella Vallejo-Trujillo

UAEM, Cuernavaca, 2019, 97 páginas

ISBN: 978-607-8639-39-7

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/manual-de-educacion-financiera-para-emprendedores/>

El conocimiento sobre temas financieros es considerado un determinante para los emprendedores individuales y de las empresas, razón por la cual la adquisición de conocimientos en finanzas y economía básica amplía las capacidades para la toma de decisiones. Este manual brinda al lector información relacionada con el manejo de las finanzas personales centradas en el emprendedor, al abordar de una forma sencilla el sistema financiero mexicano. En sus distintos apartados proporciona información sobre la planeación financiera, el ahorro y la inversión, la importancia de los seguros, el crédito y cómo analizar el comportamiento de consumo. Su estilo, sencillo y directo, permite a los lectores no especializados comprender sin dificultad cómo lograr la óptima administración de su dinero.



**Diagnóstico participativo comunitario:
Tepetzingo, Morelos**

Lilián González Chévez, Emmanuel Flores Díaz

UAEM, Cuernavaca, 2020, 135 páginas

ISBN: 978-607-8639-67-0

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/diagnostico-participativo-comunitario-tepetzingo-morelos-digital/>

Este libro presenta un diagnóstico participativo comunitario de la localidad de Tepetzingo, Emiliano Zapata, Morelos. El propósito fue identificar si las y los jóvenes perciben riesgos o impactos socioambientales en su localidad debido a la proximidad de la fábrica de cemento, ubicada a un kilómetro y medio de la comunidad. Por medio de una metodología participativa basada en las cartografías sociales, la observación participante y entrevistas en profundidad, así como con la participación de la población adulta y adolescente de la Telesecundaria Modesto Rangel, se reunió una perspectiva local sobre las principales problemáticas que afectan a la comunidad. Este libro fue elaborado con el apoyo de los estudiantes de la Licenciatura de Comunicación y Gestión Interculturales de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.



Diversidad biológica e importancia cultural del estado de Morelos. Importancia cultural, vol. II

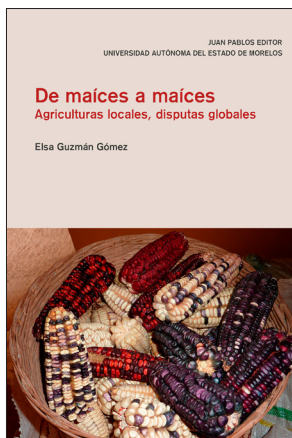
Armando Burgos Solorio, Isaac Tello Salgado (eds.)

UAEM, Cuernavaca, 2021, 380 páginas

ISBN: 978-607-8784-39-4

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/importancia-cultural-volumen-ii/>

Este volumen ahonda en la riqueza histórica, cultural y natural, los huertos tradicionales, la organización comunitaria, la pérdida de la agrobiodiversidad, los recursos naturales y la biotecnología. El estado de Morelos alberga una importante e interesante riqueza biológica. Las investigaciones previas permiten hacer un balance de lo hasta ahora conocido y desencadenan un análisis detallado, con una dimensión extrasensorial que explora el pasaje evolutivo del espacio y el tiempo. Los autores de esta obra han plasmado sus experiencias e interpretaciones de los procesos biológicos estudiados desde la arqueobotánica en el estado de Morelos e invitan al lector a explorar los principales retos para la ciencia que se derivan del estudio de la biodiversidad de la entidad y del país.



De maíces a maíces. Agriculturas locales, disputas globales

Elsa Guzmán Gómez

UAEM/Juan Pablos Editor, Cuernavaca, 2018, 175 páginas

ISBN: 978-607-8519-84-2

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/de-maices-a-maices-agriculturas-locales-disputas-globales/>

El tema de este libro es la relación de campesinas y campesinos con el maíz en México. Se defiende la idea de que su cultivo funciona como eje e integrante de la complejidad campesina. Por un lado, se resalta que los grupos campesinos se han enfocado en la producción de su propio alimento, el maíz, el cual es la base, articulador y contenedor de la cultura, así como sustento de la estrategia familiar. Por otro lado, se sostiene que las transformaciones actuales tienen como determinantes las políticas neoliberales y los procesos globales, que hoy toman la forma del despojo de los recursos campesinos. Esto produce tensiones entre la defensa y el abandono de la tierra, así como de la forma de vida campesina, del cultivo y de la semilla nativa, de las tecnologías propias, y de la posibilidad de migrar o no.



Pasos para ser arqueóloga según Antonieta

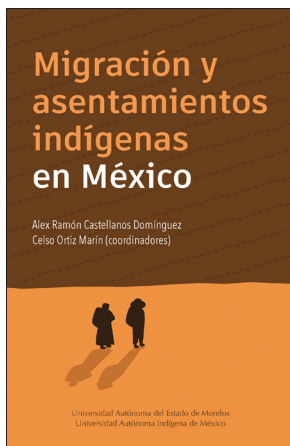
Miroslava Cruz-Aldrete

UAEM, Cuernavaca, 2022, 39 páginas

ISBN: 978-607-8784-67-7

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/pasos-para-ser-arqueologa-segun-antonieta/>

Antonieta tiene 13 años. Es sorda y su lengua es la Lengua de Señas Mexicana. En este libro conocerá la historia de la zona arqueológica de Tlatelolco y de la arqueóloga Antonieta Espejo... Esta historia está inspirada y enriquecida por mujeres sordas que no tuvieron la oportunidad de estudiar o siquiera de imaginar que podían ir a la escuela. Hoy, esas mujeres, a través de sus hijos, de sus nietos, sordos u oyentes, han podido acercarse a la escuela, han aprendido junto con ellos. Este libro es una invitación a las personas sordas a acercarse a los sitios arqueológicos de nuestro país para conocer el pasado que compartimos y heredamos como mexicanos. Las personas sordas tienen su propio idioma, emplean las manos, el cuerpo, la cara y los gestos para comunicarse; sueñan, aman, imaginan, cantan, crean y aprenden en lengua de señas.



Migración y asentamientos indígenas en México

Alex Ramón Castellanos Domínguez,

Celso Ortiz Marín (coords.)

UAEM/UAIM, Cuernavaca, 2022, 226 páginas

ISBN: 978-607-8784-82-0

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/migracion-y-asentamientos-indigenas-en-mexico/>

En esta obra se reflexiona sobre el eje temático de asentamientos de población jornalera e indígena en estados de las regiones Noroeste, Pacífico, Occidente, Bajío y Centro de México con áreas de agricultura de exportación. La obra inicia con las exposiciones de los autores que trabajan en las regiones del Noroeste y Pacífico de México y concluye con la región Centro, de forma que el lector podrá observar una radiografía de los procesos de asentamiento en Baja California, Sonora, Sinaloa, Nayarit, San Luis Potosí, Guanajuato y Morelos. El objetivo principal fue analizar cómo las jornaleras y jornaleros agrícolas pasaron de ser itinerantes en campos de agricultura de exportación a buscar la forma de asentarse, apropiarse de los lugares de asentamiento o dirigirse hacia otros nichos de agricultura.



Para comprender la educación en la época de las independencias. Enfoques desde Chihuahua

Adelina Arredondo

UAEM, Cuernavaca, 2019, 455 páginas

ISBN: 978-607-8519-22-9

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/para-comprender-la-educacion-en-la-epoca-de-las-independencias-enfoques-desde-chihuahua/>

Los artículos que componen este libro están basados en un trabajo sistemático de búsqueda, recolección, organización, análisis e interpretación original de datos obtenidos en fuentes primarias —algunas provenientes de archivos que no se habían explorado antes— y secundarias. Los dieciocho artículos que componen este libro abordan temas relacionados con la historia de la educación en Chihuahua, como son las políticas educativas, los diferentes niveles educativos, los actores —maestros, estudiantes, hombres y mujeres, e indígenas, incluidos y excluidos—, el currículum, las instituciones, así como el contexto social y político. Se abordan puntos de análisis que contemplan distintos aspectos educativos y se han considerado cuestiones de índole económica, política, social y cultural.



El impacto de la imagen en el arte, la cultura y la sociedad, vol. v

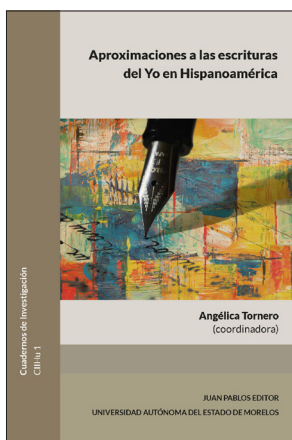
Héctor Ponce de León, Laura Silvia Iñigo Dehud, Lorena Noyola Piña (coords.)

UAEM (Serie IMACS), Cuernavaca, 2020, 96 páginas

ISBN: 978-607-8519-85-9

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/el-impacto-de-la-imagen-en-el-arte-la-cultura-y-la-sociedad-v/>

Este libro es el quinto volumen de la serie Impacto de la Imagen en el Arte, la Cultura y la Sociedad y es resultado del trabajo de investigación del Cuerpo Académico en Investigación y Creación en Imagen Digital y del Posgrado en Imagen, Arte, Cultura y Sociedad de la Facultad de Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En esta compilación se incluyen siete ensayos de investigadores y egresados de maestría que, con base en su trabajo académico, contribuyen a la discusión básica de nuestro interés: la imagen en sus diversos ámbitos. Se busca que estos textos aporten al análisis de la imagen desde una perspectiva transdisciplinar y que se planteen posibles soluciones a las distintas problemáticas sobre el impacto de la imagen en el arte, la cultura y la sociedad.



Aproximaciones a las escrituras del Yo en Hispanoamérica

Angélica Tornero (coord.)

UAEM/Juan Pablos Editor, Cuernavaca, 2023, 225 páginas

ISBN: 978-607-8784-97-4

Consulta: <https://libros.uaem.mx/producto/aproximaciones-a-las-escrituras-del-yo-en-hispanoamerica/>

Este libro reúne los esfuerzos de jóvenes que se inician en el camino de la investigación en humanidades. En sus páginas se encuentra parte del trabajo realizado por estudiantes que participaron en el Seminario de Escrituras del Yo. A lo largo de estos años se han problematizado las teorías y los conceptos a partir de los cuales se analizan las escrituras autobiográficas y obras concretas de la literatura hispanoamericana en las que se abordan cuestiones relacionadas con el yo autoral, la identidad y la memoria. La obra se divide en tres secciones: en la primera se examinan obras de autoras desde la noción de autofiguración; en la segunda se estudian obras escritas por mujeres y hombres desde las nociones de autoficción y autofiguración, y en la tercera se incluyen dos reflexiones conceptuales.