



EL ZAMORANO

BIODIVERSIDAD Y COMUNIDAD

Directorio

PRESIDENTE

LIC. MAURICIO KURI GONZÁLEZ

VICEPRESIDENTE

DRA. MARTHA ELENA SOTO OBREGÓN

DIRECTOR GENERAL

DR. ENRIQUE RABELL GARCÍA

SECRETARIO

LIC. RENÉ MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS. Año 16, edición especial, diciembre 2025. *Nthe* es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ): calle Luis Pasteur Sur núm. 36, col. Centro; CP 76000; tel. (442) 214 3685; www.concyteq.edu.mx; nthe@concyteq.edu.mx. Editor responsable: Felipe de Jesús Esperón Valenzuela. Reserva de derechos al uso exclusivo núm. 04-2018-111410321700-203; ISSN 2007-9079, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Felipe de Jesús Esperón Valenzuela: calle Luis Pasteur Sur núm. 36, col. Centro; CP 76000. Fecha de última modificación: diciembre de 2025

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

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

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

EDICIÓN Y DISEÑO DE LA PUBLICACIÓN

LIC. FELIPE DE JESÚS ESPERÓN VALENZUELA

CORRECCIÓN DE ESTILO

DRA. MARÍA LUISA ÁLVAREZ MEDINA
MTRA. MONSERRAT ACUÑA MURILLO

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

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

Consejo editorial

Investigadores nacionales

Dr. Alejandro Manzano Ramírez

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

Dr. Flora Mercader Trejo

Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui

Dr. Sergio Barrera Sánchez

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de
Monterrey, campus Querétaro

Dr. Martha Cruz Soto

Universidad del Valle de México, campus
Querétaro

Dr. Gabriela Calderón Guerrero

Facultad de Psicología, Universidad Autónoma
de Querétaro

Dr. Víctor Castaño Meneses

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

Dr. Rolando Salinas García

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

Dr. Miguel Martínez Madrid

Instituto Mexicano del Transporte, SCT

Dr. Daniel Hiernaux Nicolás

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales,
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Gabriel Corral Velázquez

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales,
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Salvador Echeverría Villagómez

Centro Nacional de Metrología

Dr. Alberto Traslosheros Michel

Universidad Aeronáutica en Querétaro

Dra. Alejandra Urbiola Solís

Facultad de Contaduría y Administración,
Universidad Autónoma de Querétaro



Dr. Jöns Sánchez Aguilar

Instituto Tecnológico de Querétaro, Tecnológico
Nacional de México

Dr. Octavio López Millán

Instituto Tecnológico de Hermosillo

Dra. Marcela Hernández Romo

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad
Iztapalapa

Mtra. Martha Díaz Muro

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico
Nacional de México

Dr. Sergio Sandoval Godoy

Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, Sonora

Dr. Martín Alfonso Gutiérrez López

Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Jorge Raúl Palacios Delgado

Universidad del Valle de México, campus Querétaro

Dra. María Guadalupe Ordaz Cervantes

Universidad Autónoma de Querétaro

Mtra. Eva Leticia Ortiz Ávalos

Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Adriana del Carmen Gallegos Melgar

CONACYT - COMIMSA

Dra. Ana Isabel Moreno Calles

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

Dra. Olivia Solís Hernández

Universidad Autónoma de Querétaro

Externo

Dr. Víctor Hugo Muciño Quintero

Universidad de West Virginia, EUA

La revista electrónica *Nthe* es financiada en su totalidad por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro en el marco del presupuesto autorizado el día 23 de diciembre de 2024. (Publicado en el periódico oficial del estado de Querétaro, La Sombra de Arteaga).

Comentario *Nthe*

Presentamos a nuestros lectores la edición especial, “El Zamorano: Biodiversidad y Comunidad”, en la cual fueron recopilados 14 trabajos de investigación.

El Cerro El Zamorano, punto culminante del estado de Querétaro, se levanta no sólo como una referencia geográfica, sino como un nodo donde convergen procesos geológicos milenarios, tradiciones bioculturales vivas y una riqueza biológica excepcional. Esta revista nace con la intención de ofrecer a la comunidad científica un compendio de investigaciones actuales que, desde diversas disciplinas, iluminan la complejidad y el valor estratégico de esta montaña sagrada para la conservación regional.

Asimismo, esta revista aborda temas clave para la gestión integral del patrimonio natural. Desde los avances en la conservación *ex situ* de la biodiversidad vegetal hasta el análisis de amenazas emergentes —como la expansión de flora exótica invasora en Querétaro—, los trabajos aquí reunidos llaman a replantear estrategias de prevención, control y restauración. Paralelamente, la comunicación de la ciencia, representada por el quehacer del Jardín Botánico Regional de Cadereyta, muestra cómo la divulgación eficaz puede convertirse en un puente entre conocimiento técnico y acción social.

En este marco de interacciones entre naturaleza, cultura y política ambiental, se incluyen también reflexiones sobre especies de importancia económica y ecológica, como el nopal, cuyo potencial benéfico se extiende desde la alimentación y la salud humana hasta procesos de restauración ecológica. Del mismo modo, se analizan las aportaciones de la academia a la conservación del territorio, ejemplificadas por iniciativas como AState Querétaro, que fortalecen el vínculo entre investigación aplicada y prácticas comunitarias.

La riqueza biocultural del municipio de Colón se ve representada en el Xont'e, elemento identitario que recuerda que la conservación no se limita a lo biológico; también involucra prácticas, saberes y cosmovisiones que han moldeado el paisaje a lo largo de generaciones. Finalmente, la revisión de la legislación y las políticas públicas aplicables al manejo del Cerro El Zamorano articula el marco institucional que debe acompañar cualquier esfuerzo de preservación, señalando oportunidades y desafíos para la gobernanza ambiental.

Esta revista es, en esencia, una invitación a mirar el Zamorano como un territorio vivo, donde convergen ciencia, cultura y naturaleza. Esperamos que los trabajos aquí reunidos impulsen nuevas investigaciones, fortalezcan las decisiones de manejo y contribuyan al reconocimiento de este cerro como un patrimonio invaluable para Querétaro, para México y para el mundo.

Espero que todos los trabajos que contiene esta edición de la revista NTHE sean del interés de todos, y sobre todo provoquen una reflexión profunda en cada uno de nosotros.

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

El Zamorano: Biodiversidad y Comunidad

Proemio

Las montañas han ejercido siempre una suerte de fascinación en la mente humana. Son símbolo representacionista de lo venerable e indirectamente de algo real a lo que se aspira. Las montañas albergan, y muchas veces conservan, un alto porcentaje de la diversidad biológica, superior usualmente, por mucho, a la variación que se da en los llanos o planicies.

El estado de Querétaro tiene su propia prominencia hierática: El estratovolcán El Zamorano. Paisaje sagrado, culmen de valores bióticos y cima geológica es, sin duda, relevante social y ambientalmente, aunque lamentablemente, todavía no ponderado con la atención suficiente para hacerlo ejemplo de manejo digno.

El Zamorano, roca clave en nuestra “arquería espiritual y física”, inestimable para la estabilidad ecológica queretana, ha sido tratado con la repulsa de la postergación en su custodia integral, ignorando su vital funcionalidad dentro de la arquitectura ambiental territorial. Causalidad que fue llevando a destejer su entramado estructural.

En 2023, el dilecto ingeniero agrónomo José Antonio González Azuara, actuando como agente especial de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del estado de Querétaro, solicitó el apoyo al Dr. Enrique Rabell García, director general del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), para desarrollar una iniciativa en favor de las comunidades humanas y la biodiversidad natural del cerro El Zamorano. El CONCYTEQ lo otorgó por medio del Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

El presente compendio de conocimiento es uno de los productos con los cuales hemos favorecido a la iniciativa del Ing. González Azuara, atinadamente bautizada *Tejiendo El Zamorano*. Derivó directamente de la reunión académica efectuada en Cadereyta de Montes, en octubre pasado (2024), a la que titulamos *El Zamorano: Biodiversidad y Comunidad*. Este encuentro, a manera de seminario, reunió a un selecto grupo de especialistas que aportaron saberes relacionados con la vida, la vitalidad y la bioculturalidad del lugar. Se abarcó, reflexivamente, tanto como se pudo, para conjuntar las “dovelas” que acuñarán, idealmente, una teoría operativa para el manejo estratégico de nuestra montaña mayor.

Encarezco a que vean este acervo no como un breviario acabado sino más bien como el exordio de un compromiso social que nos llevará a ennoblecere a las poblaciones humanas y a la naturaleza de nuestra más alta cima, para perpetuar su extensa riqueza. Gracias a todos los que actúan en bien de Querétaro.

Emiliano Sánchez Martínez
Director del Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío”

ÍNDICE

El origen

Origen geológico del Cerro El Zamorano: Integración de geodiversidad y biodiversidad en el Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado

Gerardo J. Aguirre-Díaz

Geraldine V. Vázquez-Alarcón

Franco Pielli-Espinosa

Diversidad de la vida

Vegetación y flora distintiva de una montaña sagrada

Sergio Zamudio Ruiz

El Cerro El Zamorano como un refugio pleistocénico de la funga queretana: los hongos macromicetos del ecosistema *Abies religiosa-Quercus* spp.

Andrés Argüelles-Moyao

Felipe Manuel Ferrusca-Rico

Edgardo Ulises Esquivel Naranjo

José Antonio Cervantes Chávez

Fidel Landeros

La fauna zamorana

Ulises Padilla-García

Carlos Chávez-Gloria

Aspectos a considerar para la conservación de la biodiversidad

El Zamorano, región de importancia para la conservación de la vida

María de Lourdes Rico Arce

Alejandra Núñez Merchand

Rocío Villalón Calderón

Elizabeth Moreno Gutiérrez

Conservación de encinos y sus ecosistemas: una vista al cerro El Zamorano

Maricela Rodríguez Acosta

Amy Byrne

Silvia Alvarez-Clare

Conservación de la biodiversidad forestal dentro y fuera de las áreas protegidas

Enrique J. Jardel Peláez

Eduardo Santana Castellón

Apuntes preliminares para la conservación *ex situ* de la biodiversidad vegetal en El Zamorano

Beatriz Maruri Aguilar

María Magdalena Hernández Martínez

Yazmín Hailen Ugalde de la Cruz

José Antonio Aranda Pineda

Emiliano Sánchez Martínez

Herramientas para el manejo del paisaje y el mensaje

Prevenir, reducir y controlar las amenazas de la biodiversidad: el caso de la flora exótica invasora en Querétaro

Julieta A. Salome Díaz

Yolanda Barrios Caballero

Jordan Golubov

Comunicación efectiva del mensaje de conservación desde el Jardín Botánico Regional de Cadereyta

Yazmín Hailen Ugalde de la Cruz

María Magdalena Hernández Martínez

Emiliano Sánchez Martínez

ÍNDICE

Ejemplos de aprovechamiento sustentable

El nopal y su potencial benéfico para el hombre y el ambiente
Liberato Portillo Martínez

88

Vínculos académicos para la conservación

Aportaciones de la academia a la conservación del terruño: Caso AState Querétaro
María Montserrat Juárez-Aubry
Javier Gerardo Miguelena-Bada
Arturo Almanza-Escalante

94

Patrimonio cultural e histórico

El Xont'e, riqueza cultural del municipio de Colón
Cristóbal Vega Prado

99

Aspectos legales aplicables

Legislación y políticas públicas aplicables al manejo del Cerro “El Zamorano”
Alejandro Angulo Carrera

104

Origen geológico del Cerro El Zamorano: Integración de geodiversidad y biodiversidad en el Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado

^{1*} Gerardo J. Aguirre-Díaz

² Geraldine V. Vázquez-Alarcón

² Franco Pielli-Espinosa

¹ Instituto de Geociencias, Campus UNAM-Juriquilla-Querétaro

² Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM-Juriquilla-Querétaro;

*ger@geociencias.unam.mx

geraldinevazal@ciencias.unam.mx

francopielli108@ciencias.unam.mx

Resumen

El Zamorano es un volcán del Mioceno medio formado hace 10.5 millones de años ubicado a 70 km al NE de la Ciudad de Querétaro. Es la montaña de mayor altitud del Estado de Querétaro con 3380 a 3400 metros sobre el nivel del mar. Es el vértice occidental del Triángulo Sagrado en la cosmovisión Otomí-Chichimeca y geosítio emblemático del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado. Es un área Natural Protegida desde 1999 inscrita como Pinal El Zamorano, por el bosque de pinos y encinos que se desarrolló en su zona alta. Su biodiversidad está vinculada con su geodiversidad, por lo que es importante conocer los procesos geológicos de millones de años que formaron la montaña, el sustrato rocoso, el desgaste erosivo, y los suelos que dieron lugar al paisaje con la flora y fauna que actualmente podemos observar.

Palabras Clave: volcán, Mioceno, Querétaro, Geoparque, Triángulo Sagrado

Abstract

El Zamorano is a Middle Miocene volcano formed 10.5 million years ago, located 70 km northeast of the City of Querétaro. It is the highest mountain in the state of Querétaro, at 3,380 to 3,400 meters above sea level. It is the western vertex of the Sacred Triangle in the Otomi-Chichimeca worldview and an emblematic geosite of the UNESCO Sacred Triangle Global Geopark Project. It has been a Protected Natural Area since 1999, registered as Pinal El Zamorano, due to the pine and oak forest that developed in its upper reaches. Its biodiversity is linked to its geodiversity, so it is important to understand the geological processes over millions of years that formed the mountain, the rocky substrate, the erosional processes, and the soils that gave rise to the landscape with the flora and fauna we can observe today.

Keywords: volcano, Miocene, Querétaro, Geopark, Sacred Triangle

Introducción

El Cerro El Zamorano es la montaña de mayor elevación del Estado de Querétaro, con 3,380 m sobre el nivel del mar (msnm), según nuestras mediciones, o 3,400 msnm según datos de INEGI (INEGI, 2022). Su cumbre se ubica a 70 km al NE de la Ciudad de Querétaro, en el límite estatal de Querétaro-Guanajuato, que divide en dos a esta montaña. Abarca parte de los municipios de Colón y El Marqués por el lado Queretano, y parte de los municipios Tierra Blanca y San José Iturbide por el lado Guanajuatense. Es un geosito emblemático del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado de Querétaro ya que forma el vértice occidental de este símbolo de la cultura Otomí-Chichimeca que le da nombre al geoparque, siendo los otros vértices el Cerro El Frontón y la Peña de Bernal (Figura 1; Aguirre-Díaz *et al.*, 2021; Vázquez-Alarcón y Aguirre-Díaz, 2025). En este trabajo se describe brevemente la geología de El Zamorano y los procesos que lo formaron, enfatizando la importancia de conocer la historia geológica de esta montaña que dio origen a la geodiversidad de la zona y que representa el sustrato rocoso y suelos donde se desarrolló la biodiversidad, y a partir de ahí la integración del Hombre, con una conexión espiritual y cultural que actualmente está vigente, con las tradiciones y memorias vivas del pueblo originario Otomí-Chichimeca, que son parte del patrimonio mundial cultural intangible de la UNESCO (2009).



Figura 1. Mapa índice del Cerro El Zamorano en el contexto del Triángulo Sagrado Otomí-Chichimeca.

Origen geológico. Geológicamente, El Zamorano es un estratovolcán del Mioceno medio, formado hace 10.5 a 9.6 millones de años (Ma) en la zona central-norte de la Provincia Geológica Cinturón Volcánico Mexicano (Aguirre-Díaz y López-Martínez, 2001; Verma y Carrasco-Núñez, 2003; Aguirre-Díaz, 2008). Se formó por la acumulación de productos eruptivos a lo largo de su actividad volcánica, cuya duración estuvo en el orden de los cientos de miles de años, como es característico en este tipo de volcanes poligenéticos. Cada erupción agregó una capa alrededor del conducto, y poco a poco el volcán fue creciendo hasta terminar su actividad y extinguirse (Figura 2). De ahí el nombre de estratovolcán, que significa un volcán en capas, generalmente con periodos inactivos de corta o larga duración.



Figura 2. Tipos de volcanes. El Zamorano es un estratovolcán.

Los productos emitidos varían entre los de tipo efusivo (lavas) y los explosivos (depósitos piroclásticos). El Zamorano se compone de una alternancia de éstos, predominando los derrames de lava, y los de tipo explosivo dieron lugar a “lluvias” de escoria y ceniza transportados por el viento. El último evento del volcán fue la formación de un domo tipo espina al interior del cráter, el cual actualmente tiene 280 metros de altura y representa la cumbre del volcán (Aguirre-Díaz, 2008; Figura 3).



Figura 3. Imagen del volcán El Zamorano, indicando el contacto con ignimbritas más antiguas en su base.
(Créditos: Gerardo Aguirre).

El cráter original del volcán fue erosionado en torno al domo tipo espina, dando lugar a un circo de erosión más amplio (Figura 3), como sucedió en el vecino estratovolcán La Joya (Valdéz-Moreno *et al.*, 1998; Pielli-Espinosa, 2025).

El volcán El Zamorano creció sobre una secuencia volcánica mucho más antigua (Figura 3), perteneciente a otra provincia geológica, la Sierra Madre Occidental (Aguirre-Díaz, 2008). Estas erupciones fueron devastadoras, incinerando y cubriendo todo a su paso con ceniza incandescente en forma de flujos piroclásticos que viajaban a gran velocidad. En los municipios de Colón y Tolimán es común observar las ignimbritas de estas súper-erupciones, con edades entre 31 y 29 millones de años, y forman la base donde se desarrolló el volcán El Zamorano (Figura 4).

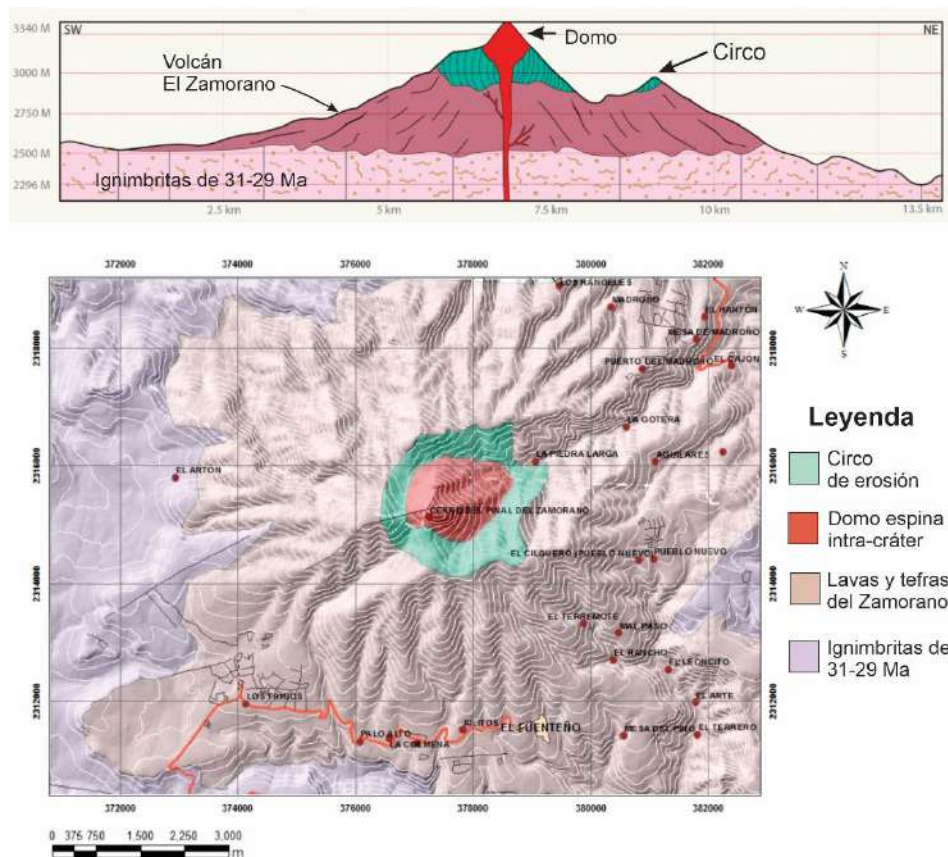


Figura 4. Sección y mapa geológicos esquemáticos del volcán El Zamorano.

Algunas ignimbritas de esta secuencia se pueden observar en el Cañón de Los Pilones, al sur del Zamorano (Figura 1). Este profundo cañón se formó por erosión fluvial desde hace 29 millones de años, la cual continúa actualmente.

El alto relieve del Zamorano no fue causado sólo por el volcán sino por una combinación de procesos geológicos, incluyendo la formación de una meseta de ignimbritas en el Oligoceno, dejando una plataforma elevada anterior al volcán, la formación del volcán en sí, y la elevación de la región por fallas geológicas que levantaron aún más el entorno del Zamorano.

Geodiversidad y biodiversidad. Los procesos geológicos dieron como resultado la geodiversidad, predominantemente volcánica en este caso particular. Lo anterior debido a que en la ubicación del Zamorano se sobreponen dos provincias geológicas de México, la Sierra Madre Occidental con sus ignimbritas de gran dimensión y el Cinturón Volcánico Mexicano con sus distintas formas volcánicas, incluyendo los estratovolcanes. Es notoria la diferencia morfológica y aspecto de las rocas entre estas dos provincias debidas a las diferencias en edad, química, estilo de erupción y magnitud de las erupciones. Por lo general, las ignimbritas oligocenas que subyacen al Zamorano son de tonos claros, blancas a rosas por su geoquímica rica en sílica, sodio y potasio, y forman capas horizontales que cubren una gran extensión. Los estratovolcanes como El Zamorano se componen de lavas y depósitos de escoria y ceniza que construyen un cono, distribuyéndose alrededor del conducto. Son productos de tonos oscuros, entre negro y gris, debido a su química rica en hierro, magnesio y calcio. Por lo anterior, los suelos desarrollados sobre estas rocas serán distintos por las diferencias químicas de las rocas, por las diferencias orográficas, y por el clima de cada zona, ya sea en el fondo de barrancas, en la medianía de la meseta de ignimbritas, o en la cumbre del volcán.

La geodiversidad proporciona el sustrato y el relieve que, combinados con el clima, con mayor humedad en las partes altas de montaña respecto a las zonas bajas más secas, establecen las condiciones para el desarrollo de los ecosistemas y por lo tanto de

la biodiversidad. Según la lista de Regiones Terrestres Prioritarias de México de la CONABIO (2017), El Zamorano tiene un clima semiárido-templado, estableciendo que “*Su importancia radica en la existencia de vegetación boscosa en buen estado de conservación. El Zamorano se encuentra cubierto por bosque de galería y bosque de encino. Al norte de este cerro se encuentra un área de vegetación de encino bastante integrada, que cuenta con endemismos importantes*”. En el ascenso al Zamorano es notorio el cambio en la vegetación, pasando de valles y llanuras (2,000 y 2300 msnm), con ambientes de semidesierto y abundancia de matorrales, cactáceas y zonas de selva baja caducifolia, a bosques templados (2,300 a 3,400 msnm), con bosques de encinos y pinos en las zonas más altas. Por otro lado, se tienen los casos especiales de las barrancas con sus propios ecosistemas, con elevaciones de 1900 a 2400 msnm, como la barranca de Los Pilones.

El cambio en la biodiversidad es paulatino conforme se asciende, debido a la orografía formada por los diferentes procesos geológicos durante decenas de millones de años mencionados anteriormente. Pero este cambio también es notorio por cambios en las litologías, entre el paso del sustrato de ignimbritas silíceas al de lavas máficas, reflejándose en el desarrollo de suelos, que se da mejor en las rocas ricas en hierro, magnesio y calcio que en las ricas en sílice, sodio y potasio. Sin embargo, la flora y la fauna encuentran la forma de nacer y crecer aún en lugares rocosos y áridos, con escaso desarrollo de suelos, resultando en una biodiversidad de semidesierto rocoso, mientras que, en las zonas altas, más húmedas y con suelos potentes y bien desarrollados, la biodiversidad es de bosques de pinos y encinos incluyendo varias especies, sobresaliendo la de *Abies religiosa* (Oyamel Neovolcánico), característico del Pinal El Zamorano (Figura 5).



Figura 5. Pino *Abies religiosa* del Cerro El Zamorano, símbolo sagrado del pueblo originario Otomí Chichimeca, usado en la celebración del Levantamiento del Chimal en San Miguel Tolimán, y que es Patrimonio Mundial Cultural Intangible UNESCO. (Créditos: Gerardo Aguirre).

Valor cultural. El Zamorano es uno de los vértices del Triángulo Sagrado Otomí-Chichimeca, por lo que está incluido en la declaratoria de Patrimonio Cultural Intangible UNESCO por las tradiciones y memorias vivas de este pueblo originario (UNESCO, 2009). Es una montaña sagrada en donde cada año, a fines de abril, se realiza una peregrinación a su cumbre, en donde se tiene una pequeña capilla y un altar con una cruz. Así mismo es ruta de otra peregrinación a la Basílica de Soriano en el pueblo de Colón. Por otro lado, el pino *Abies religiosa* es sagrado para el pueblo Otomí-Chichimeca, ya que, por su gran altura y el grosor que llega a desarrollar, es usado para postes de soporte donde se coloca El Chimal en la iglesia de San Miguel Tolimán, en una de las ceremonias más importantes del año que consiste en elaborar una gran estructura de 30 m tejida con productos naturales, y que es levantada y amarrada a dos postes de *Abies religiosa*, los cuales duran por varios años en el atrio de la iglesia para este propósito (Figura 5). El Zamorano, como los otros vértices del Triángulo Sagrado Otomí-Chichimeca, el Cerro El Frontón y la Peña de Bernal, son sitios donde se une la naturaleza con la cosmovisión de los pueblos originarios, tejiendo un vínculo espaciotemporal holístico, Geología-Biología-Hombre-Cultura, que inició millones de años atrás y que está vigente ahora, en el Presente.

Reflexión

El Cerro El Zamorano es una montaña emblemática del Estado de Querétaro y del pueblo originario Otomí-Chichimeca. Representa el vínculo entre Geodiversidad, Biodiversidad y Cultura. Por lo anterior es fundamental preservarlo como Patrimonio Natural y Cultural para las futuras generaciones. Esfuerzos como haberlo designado Área Natural Protegida, el programa “Tejiendo El Zamorano”, y el Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado, son pasos importantes para lograr este propósito, el cual será posible con el compromiso de autoridades civiles, académicos, asociaciones y comunidades de la localidad, para darle seguimiento, se consoliden, se divulguen, y que nuevos proyectos similares surjan con el paso de los años.

Agradecimientos

Con financiamiento de la DGAPA-UNAM, proyectos PAPIME PE103820, PE102822, PE101324, PAPIIT IN108621, IN106125.

Referencias bibliográficas

- Aguirre-Díaz, G.J., 2008, Capítulo III –Historia volcánica del entorno del valle de Querétaro: en “*El Valle de Querétaro y su geoentorno*”, Lozano-Guzmán, A. y Arzate, J., eds., Publicación Especial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, CONCYTEQ, Querétaro, México, pp. 27-43, ISBN 978-607-7710-02-8; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281121709_Capitulo_III_Historia_volcanica_del_entorno_del_valle_de_Queretaro.
- Aguirre-Díaz, G.J. and López-Martínez, M., 2001, The Amazcala caldera, Querétaro, central Mexican Volcanic Belt, México. Geology and geochronology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 111:203-218.
- Aguirre-Díaz G.J., Capra, L., Vázquez-Alarcón, G.V., 2021, Sacred Triangle Geopark Aspirant, Querétaro, México: In: *Geoparks, Sustainable Tourism and Local Development*. UNESCO-México, Oficina en México de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, MEX/SC/2021/PI/01, pp. 113-137; Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380262.locale=es>
- CONABIO, 2017, Regiones terrestres prioritarias de México: El Zamorano- RTP-100, p. 398-505. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/documentos/rtp_100.pdf (Consulta efectuada el primero de junio de 2025).

- INEGI-Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022, Aspectos Geográficos de Querétaro, Compendio 2022. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463913993.pdf. (Consulta efectuada en abril de 2025).
- Pielli-Espinosa, F., 2025, *Geología de los volcanes Chichimequillas y La Joya, Querétaro: Geositos del Proyecto Geoparque Mundial UNESCO Triángulo Sagrado*. Tesis Profesional Facultad de Ciencias, UNAM, 118 p.
- UNESCO, 2009. Lugares de memoria y tradiciones vivas de los otomí-chichimecas de Tolimán: la Peña de Bernal, guardiana de un territorio sagrado. Disponible en: <https://ich.unesco.org/es/RL/lugares-de-memoria-y-tradiciones-vivas-de-los-otom-chichimecas-de-tolimn-la-pea-de-bernal-guardiana-de-un-territorio-sagrado-00174>.
- Valdéz-Moreno, G., Aguirre-Díaz, G.J., López-Martínez, M., 1998, El Volcán La Joya, edos. de Querétaro y Guanajuato. Un Estratovolcán antiguo del Cinturón Volcánico Mexicano: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 15:181-197.
- Vázquez-Alarcón, G.V. y Aguirre-Díaz, G.J., 2025, Triángulo Sagrado de Querétaro: *Gaceta UNAM-Juriquilla* 28:8-11 Disponible en: https://www.campusjuriquilla.unam.mx/cac/gaceta/#gaceta-df_1271/9/
- Verma, S. P. and Carrasco-Núñez, G., 2003, Reappraisal of the geology and geochemistry of Volcán Zamorano, Central Mexico: implications for the discrimination of the Sierra Madre Occidental and Mexican Volcanic Belt province. *International Geology Review*, 45, 724752.

Vegetación y flora distintiva de una montaña sagrada

Sergio Zamudio Ruiz
Investigador Independiente
szamudioruiz@gmail.com

Resumen

Se describe la vegetación del cerro Zamorano que consiste en bosques de coníferas (piñonares y bosque de oyamel), bosque de encinos y matorrales xerófilos. La diversidad de plantas vasculares registradas en el cerro consta de 526 especies de plantas vasculares, distribuidas en 268 géneros y 88 familias botánicas. Estas cifras son preliminares y se incrementarán conforme se conozca mejor la flora regional. La flora del cerro Zamorano se relaciona con la de la Altiplanicie Mexicana, con el Eje Volcánico Transversal y en menor medida con la Sierra Madre Oriental.

Palabras clave: bosque de coníferas, bosque de encinos, matorral xerófilo, flora, endemismos

Abstract

The vegetation of Zamorano mountain is described, consisting of coniferous forest (pinion and oyamel forest), oak forest and xerophillous scrubland. The diversity of vascular plants recorded consist of 526 species, distributed in 268 genera and 88 botanical families. These figures are preliminary and will increase as the regional flora will be better known. The flora of cerro Zamorano is related with that of the Central Plateau, the Trans Mexican Volcanic Belt and the Sierra Madre Oriental.

Keywords: coniferous forest, oak forest, desert scrub, flora, endemism

Introducción

El Cerro Zamorano está situado en el límite entre los estados de Guanajuato y Querétaro; en Guanajuato ocupa parte de los municipios de San José Iturbide y Tierra Blanca, mientras que en Querétaro abarca porciones de los municipios de El Marqués, Colón y Tolimán. Con 3400 m de altitud, es la montaña más alta de ambas entidades, y se encuentra aislada de otras montañas del Eje Volcánico Transversal y de la Sierra Madre Oriental. Es una zona de recarga de acuíferos en donde se originan numerosos arroyos y ríos que irrigan las partes bajas.

Vegetación

De acuerdo con la clasificación de Rzedowski, 1978 y Zamudio *et al.*, 1992. La vegetación encontrada en el cerro El Zamorano consta de:

- Bosque de coníferas
 - Bosque de *Abies*
 - Bosque de *Pinus*
- Bosque de *Quercus* (encinos)
 - Bosque de *Quercus* de ambientes secos
 - Bosque de *Quercus* de ambientes templados subhúmedos
- Matorral xerófilo
 - Matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*
 - Encinar arbustivo o matorral esclerófilo

Distribución de la vegetación

Existe una diferencia altitudinal de más de 1000 m entre la parte baja del cerro, a 1900 msnm, y su parte más alta a 3400 msnm, lo que ocasiona un gradiente en la distribución del clima que va de los climas secos cálidos en la parte baja a los templados subhúmedos en la parte alta. Esto propicia, a su vez, el establecimiento de diferentes franjas o cinturones de vegetación a lo largo de sus vertientes. Sin embargo, la distribución y continuidad de estas franjas de vegetación no es homogénea, pues se ve modificada por la complejidad topográfica de la montaña (ocurrencia de mesetas, cañones, cañadas, riscos, etc.), por la diferencia en la pendiente de las laderas y por el efecto de sombra orográfica.

Por lo anterior existen notorias diferencias entre las vertientes. En las laderas orientadas al norte y noroeste, en la parte baja a 1900 msnm, se encuentra el matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*, el que aproximadamente a 2400 m es sustituido por el bosque de “pino piñonero” (*Pinus cembroides*). A partir de 2650 m aparece el bosque formado esencialmente por “encinos” (*Quercus* spp.), que cerca de los 2900 m es reemplazado por el bosque de “oyamel” (*Abies religiosa*), en la parte más alta del cerro. Mientras que en las laderas orientadas al sur y sureste la transición ocurre de la siguiente manera: en la parte baja, a partir de 2000 msnm, se encuentran terrenos planos, lomeríos y mesetas en las que se establece el matorral de *Opuntia-Zaluzania*; a partir de 2450 m empieza una franja de bosque bajo de encinos, que a los 2600 m da paso a un bosque de encinos de mayor tamaño, que cubre las laderas altas del cerro y se continúa hasta 2900 m, cuando aparece el bosque de “oyamel” (*Abies religiosa*), que se extiende ampliamente en la parte alta de la montaña. En la parte sur y sureste del pico más alto se encuentra una zona que carece de vegetación arbórea, en donde se puede apreciar la roca casi desnuda, cubierta por una fina capa de arbustos de hojas crasas y esclerófilas que forman el encinar arbustivo o matorral esclerófilo.

Breve descripción de los tipos de vegetación

Matorral xerófilo de *Opuntia-Zaluzania*. En la parte baja del cerro Zamorano se encuentra principalmente el matorral xerófilo de *Opuntia-Zaluzania*, propio de la Altiplanicie Mexicana. Es un matorral denso en el que el estrato alto de 3-4 m está formado por diversas especies de “nopales” (ej. *Opuntia robusta*, *O. streptacantha*), junto con el “garambullo” (*Myrtillocactus geometrizans*) y en ocasiones la presencia de “palma china” (*Yucca filifera*), aunque también son frecuentes el “mezquite” (*Prosopis laevigata*), el “huizache” (*Vachellia farnesiana*) y el “palo bobo” (*Ipomoea murucoides*). En el estrato arbustivo, de hasta 1.60 m de altura, destacan la “limpia tunas” (*Zaluzania augusta*), la “uña de gato” (*Mimosa aculeaticarpa* y *M. biuncifera*) y el “cardón” (*Cylindropuntia streptacantha*), así como “sangre de grado” (*Jatropha dioica*), la “guapilla” (*Hechtia*

podantha), “sarabuyo” (*Karwinskia humboldtiana*), y varias especies de “maguey” (*Agave* spp.). Las plantas herbáceas son abundantes, pero se aprecian mejor durante la temporada de lluvias, entre ellas se puede mencionar a: *Anoda cristata*, *Asclepias linaria*, *Bidens pilosa*, *Commelina diffusa*, *Conyza coronopifolia*, *Mirabilis longiflora*, *Zinnia peruviana*, entre otras (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania*, con *Opuntia streptacantha*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Acacia farnesiana* en la cercanía de El Zamorano, municipio de Colón, Querétaro.



Figura 2. Matorral crasicaule de *Opuntia-Zaluzania* perturbado en la cercanía del Ejido Patria, municipio de Colón, Querétaro.

En la actualidad este matorral se encuentra fuertemente perturbado y en grandes extensiones ha sido eliminado para establecer terrazas con parcelas de cultivo y potreros, como se observa en los alrededores de los poblados de Nuevo Álamos, Coyote y Ejido Patria. (Figura 3).



Figura 3. Parcelas de cultivo que desplazaron al matorral crasicaule en las cercanías de El Zamorano, Municipio de Colón.

Encinar arbustivo o matorral esclerófilo. Como ya se ha mencionado en la parte sur y sureste del pico más alto se encuentra una zona que carece de vegetación arbórea, en donde se puede apreciar la roca casi desnuda, cubierta por una fina capa de arbustos de hojas duras y abundantes hierbas que forma el matorral esclerófilo, compuesto por: *Agave schidigera*, *Arctostaphylos pungens*, *Berberis alpina*, *Hypericum silenoides*, *Sedum greggii*, *Symphoricarpos microphyllus*, entre otras. Una capa densa y muy diversa de plantas herbáceas cubre las rocas en donde se ha acumulado un poco de suelo, entre estas se puede mencionar a: *Echeveria secunda*, *Erigeron galeotii*, *Geranium bellum*, *Halenia brevicornis*, *Lithospermum distichum*, *Mammillaria rhodantha*, *Penstemon campanulatus*, *Rubus macvaughianus*, *Schoenocaulon caricifolium*, *Senecio cinerarioides*, *Silene laciniata*, *Stachys pringlei*, *Valeriana zamoranensis* y muchas otras que en general comparte con el bosque de “oyamel”. (Figuras 4, 5, 6 y 7).

Es importante señalar que esta condición se ocasiona por la pendiente tan pronunciada de los riscos y su exposición a la acción de vientos fríos y secos, lo que no permite la retención del suelo ni el crecimiento de la vegetación arbórea.



Figura 4. La cara sur del pico más alto del cerro Zamorano carece de vegetación arbórea y se puede observar directamente la roca madre.



Figura 5. Matorral esclerófilo desarrollado sobre la parte expuesta del pico del cerro Zamorano.



Figura 6. Riscos con matorral esclerófilo con *Agave schidigera*, *Arctostaphylos pungens*, y *Dahlia merckii*.



Figura 7. Plantas herbáceas que crecen entre las rocas, se observa a *Echeveria secunda*, *Senecio cinerarioides* con flores amarillas y *Silene laciniata* de flores rojas.

Bosque de Quercus (encinos). En la parte media del cerro, entre 2400 y 2600 m, sobre terrenos relativamente planos de las mesas y en los riscos se encuentran encinares de ambientes secos, en los que los árboles son bajos de 4 a 6 m de altura y muy densos, compuestos principalmente por *Quercus eduardii*, *Q. grisea*, *Q. potosina*, acompañados por arbustos como *Agave filifera*, *A. salmiana*, *Malacomeles denticulata*, *Arctostaphylos pungens*, *Buddleja parviflora*, *Dasyliirion acrotichum*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Rhamnus microphylla*, y numerosas hierbas como *Datura stramonium*, *Ipomoea stans*, *Roldana aschenborniana*, *Salvia nana*, *S. polystachya*, *Senecio picridis*, *Viguiera trachyphylla*, entre otras (Figuras 8 y 9).



Figura 8. Bosque de encinos de ambientes secos sobre las mesas cerca de Los Trigos, municipio de Colón, Querétaro.



Figura 9. Bosque de encinos de ambientes secos sobre basaltos columnares, cerca de Los Trigos, municipio de Colón, Querétaro.

Como efecto de la agricultura intensiva, la ganadería y posiblemente la ocurrencia de incendios periódicos, estos bosques se encuentran fuertemente perturbados y degradados, distribuidos en forma de manchones dispersos entre extensas áreas deforestadas y sobre suelos erosionados con afloramiento de la roca madre, como se aprecia claramente entre el Ejido Patria y Los Trigos, en donde, con la intención de retener el suelo se han establecido áreas de reforestación con árboles exóticos como la *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus* sp. y adicionalmente algunos árboles de *Pinus cembroides* (Figuras 10 y 11).



Figura 10. Remanente del bosque de encinos de ambientes secos muy alterado, sobre terrenos fuertemente erosionados, cerca de Los Trigos, Colón, Querétaro.



Figura 11. Parcela agrícola, en terrenos antes cubiertos de bosque de encinos de ambientes secos, al fondo se observan las laderas superiores del cerro con bosque de encino conservado, cerca de Los Trigos, municipio de Colón, Querétaro.

En los sitios con mayor humedad en laderas protegidas y cañadas como el Arroyo Hondo, entre 2600 y 2900 m se desarrolla un bosque de encinos más alto y frondoso, en el que el estrato arbóreo mide entre 15 y 20 m de altura, está formado por “encino roble” (*Quercus crassifolia*), “encino laurelillo” (*Q. laurina*), “encino avellano” (*Q. rugosa*), acompañados por árboles de “aile” (*Alnus jorullensis*), “madroño” (*Arbutus bicolor*), “tepozán” (*Buddleja cordata*). El estrato arbustivo es muy diverso y está formado por *Bouvardia longiflora*, *B. terniflora*, *Dalea bicolor*, *D. lutea*, *Mimosa aculeaticarpa*. El estrato herbáceo también es muy diverso, entre sus componentes se tiene a: *Acourtia fruticosa*, *Ageratum corymbosum*, *Brickellia tomentella*, *Cosmos bipinnatus*, *Dyssodia papposa*, *Hieracium crepidispermum*, *Pinguicula moranensis*, *Salvia curviflora*, *S. helianthemifolia*, *S. mexicana*, *S. microphylla*, *S. patens*, *S. polystachya*, *Sedum moranense*, *Stachys coccinea*, *Valeriana sorbifolia*, entre otras (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Laderas superiores del cerro Zamorano con bosque de encinos de ambientes más húmedos.



Figura 13. Interior del bosque de encino mostrando parte del estrato arbustivo y herbáceo al frente se observa *Salvia patens*. Fotografía de Brenda Bedolla.

Este bosque se encuentra mejor conservado en algunas cañadas y laderas protegidas de difícil acceso, mientras que en las laderas expuestas o cercanas a los poblados está fuertemente perturbado y los árboles de encino se aprecian muy dispersos (Figura 14).



Figura 14. Encinos dispersos en una ladera perturbada al norte de Trigos, municipio de Colón, Querétaro.

Bosque de coníferas

Bosque de “pinos piñoneros” (*Pinus cembroides*).

En las laderas norte y noroeste del cerro, en terrenos con pendiente menos inclinada, entre 2400 y hasta los 2650 m, se desarrolla el bosque de “pino piñonero” (*Pinus cembroides*), que ocupa extensas áreas en estas vertientes al sur de San José Iturbide y Tierra Blanca. Es un bosque bajo y abierto, en el que el estrato arbóreo está muy espaciado y mide entre 6 y 10 m de altura; está formado principalmente por el “pino

piñonero” (*Pinus cembroides*), pero también se encuentran con frecuencia algunos encinos adaptados a ambientes secos como *Quercus deserticola*, *Q. eduardii*, *Q. grisea*, *Q. potosina*, así como árboles de “nebrito” (*Juniperus flaccida*). Entre las plantas arbustivas comunes se menciona a: *Malacomeles denticulata*, *Ageratina espinosarum*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Senna septentrionalis*, *Stevia salicifolia*, etc. Las plantas herbáceas son escasas, entre ellas están: *Castilleja tenuiflora*, *Cordia virescens*, *Linum mexicanum*, *Lobelia fenestralis*, *Lepidium virginicum* y otras (Figuras 15, 16 y 17).

Aunque este bosque está perturbado en los alrededores de los poblados y áreas agrícolas, en amplias extensiones se ha conservado ya que los lugareños no talan los árboles, pues la madera del pino piñonero no es apta para la construcción ni para la fabricación de muebles, ya que sus trocos son cortos y torcidos.



Figura 15. Bosque de pino piñonero cerca de El Zorrillo, municipio de San José Iturbide, Guanajuato.



Figura 16. Bosque de “pino piñonero” (*Pinus cembroides*), cerca de La Yerbabuena, municipio de El Marqués, Querétaro.



Figura 17. Pinos piñoneros resistiendo a la erosión en las cercanías de La Laborcilla, municipio de El Marqués, Querétaro.

Bosque de “oyamel” (*Abies religiosa*). En la parte alta de esta montaña, entre 2900 y 3400 m se desarrolla el bosque de “oyamel” (*Abies religiosa*), cuyo estrato arbóreo alcanza entre 20 y 30 m de altura y está dominado exclusivamente por esta especie. En un estrato arbóreo un poco más bajo pueden observarse además la presencia de otros árboles como: *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *Quercus laurina*, y en la parte más alta elementos aislados de “pino piñonero” (*Pinus cembroides*). En este bosque las copas de los árboles forman un dosel denso que cubre casi por completo el espacio, impidiendo la penetración directa de la luz a la parte baja, creando un ambiente sombreado. El estrato arbustivo de 1 a 2 m de alto se encuentra formado por: *Baccharis zamoranensis*, *Ageratina schaffneri*, *Eupatorium conspicuum*, *Penstemon barbatus*, *P. campanulatus*, *Roldana angulifolia*, *Symphoricarpos microphyllus*, etc. Entre las abundantes plantas herbáceas destacan *Alchemilla procumbens*, *Arenaria lanuginosa*, *A. lycopodioides*, *Clinopodium laevigatum*, *Cirsium zamoranense*, *Euphorbia furcillata*, *Galium orizabense*, *Lupinus montanus*, *Polemonium melindae*, *Rubus macvaughianus*, *Packera toluca*, *Vicia humilis*, *Salvia microphylla*, *S. zamoranensis*, *Senecio barba-johannis*, *S. hiodanthus*, *Sedum greggii*, *Silene laciniata*, entre otras. (Figuras 18, 19 y 20).

Este bosque se encuentra mejor conservado, aunque se aprecia el efecto de la extracción de árboles

por la tala moderada y la presencia de ganado vacuno. Es una zona frecuentada por numerosos paseantes, que durante los fines de semana acuden allí con el fin de hacer caminatas, o días de campo.



Figura 18. Bosque de “oyamel” (*Abies religiosa*), en la ladera sureste de la cima del cerro Zamorano.



Figura 19. Bosque de oyamel, se aprecia lo denso de las copas de los árboles que cubren por completo el espacio.

Es importante resaltar que el bosque de oyamel del cerro Zamorano es el más extenso y mejor conservado en ambos estados. Aunque también se pueden encontrar bosques de oyamel en otras montañas del estado de Querétaro como en los cerros El Doctor, Pinal de Amoles y Grande; en estos sitios el bosque de “oyamel” ocupa espacios reducidos y se encuentra fuertemente perturbado, incluso con riesgo de desaparecer en el futuro.



Fig. 20. Interior del bosque de oyamel, se aprecia el denso estrato arbustivo.

Diversidad florística

Los hábitats tan variables que se encuentran en el cerro Zamorano albergan una rica flora de plantas vasculares. Gómez-Sánchez, 1999, cita para la parte superior de esta montaña la presencia de 281 especies, incluidas en 168 géneros y 72 familias de plantas vasculares.

En este trabajo, de acuerdo con la base de datos del Herbario del Centro Regional del Bajío (IEB) del Instituto de Ecología, A.C., se registra la presencia de 526 especies de plantas vasculares, distribuidas en 268 géneros y 88 familias botánicas (Tabla 1).

Tabla 1. Diversidad florística del cerro Zamorano por grandes grupos de plantas vasculares.

	Familias	Géneros	Especies
Pteridophytas	7	18	35
Gymnospermas	1	2	6
Monocotiledóneas	11	50	96
Dicotiledóneas	69	198	389
Totales	88	268	526

Como en muchas otras regiones del país con climas cálido-secos y templado subhúmedos las familias de plantas mejor representadas son las Compositae, Gramineae, Leguminosae, Labiatae y Solanaceae, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Las diez familias más diversas de plantas vasculares en el cerro Zamorano.

Familia	Número de géneros	Número de especies
Compositae	46	100
Gramineae	19	40
Leguminosae	13	32
Labiatae	5	21
Solanaceae	6	20
Caryophyllaceae	7	15
Cactaceae	5	13
Crassulaceae	4	12
Brassicaceae	8	11
Pteridaceae	6	11

En cuanto a los géneros con más especies en el cerro Zamorano, el género *Salvia* con 13 especies es el mejor representado, seguido de *Muhlenbergia* con 12 y *Solanum* con 10 (Tabla 3), lo que también es normal en otras regiones de México.

Tabla 3. Géneros más diversos de plantas vasculares en el cerro Zamorano.

Género	No. especies	Porcentaje
<i>Salvia</i>	13	2.47
<i>Muhlenbergia</i>	12	2.28
<i>Solanum</i>	10	1.90
<i>Senecio</i>	9	1.71
<i>Eupatorium</i>	8	1.52
<i>Quercus</i>	8	1.52
<i>Agave</i>	7	1.33
<i>Mammillaria</i>	7	1.33
<i>Verbesina</i>	7	1.33
<i>Hieracium</i>	6	1.14
<i>Sisyrinchium</i>	6	1.14
<i>Stevia</i>	6	1.14

Al comparar la riqueza de especies del cerro Zamorano con otras regiones vecinas se encontró que su flora es menor a la de la cuenca del Río Estórax en el estado de Querétaro (Zamudio, 1984) y que la del municipio de San José Iturbide (Gutiérrez y Solano, 2014) (Tabla 4). Gutiérrez y Solano, 2014, citan para el municipio de San José Iturbide en Guanajuato 661 especies de plantas vasculares, incluidas en 361 géneros y 101 familias. Estos autores mencionan que la flora vascular del municipio tiene afinidad con los matorrales xerófilos del centro de México y comparten un gran número de especies con la vegetación de clima árido del Altiplano Mexicano. Es

necesario aclarar que solo 199 especies se comparten entre la lista del cerro Zamorano con la del municipio de San José Iturbide, Guanajuato, lo que sugiere que falta explorar y coleccionar mucho todavía para tener una lista completa de la flora de este cerro, por lo que las cifras mencionadas pueden considerarse todavía provisionales.

Tabla 4. Comparación de la riqueza de especies de plantas vasculares entre el cerro Zamorano, la cuenca del Río Estórax y el municipio de San José Iturbide.

Localidad	Familias	Géneros	Especies
Cerro Zamorano	88	268	526
Cuenca del Río Estórax, Qro. (Zamudio, 1984)	100	387	715
Municipio de San José Iturbide, Gto. (Gutiérrez y Solano, 2014)	101	361	661

De la lista total de plantas del cerro Zamorano destaca un pequeño grupo de especies raras o de distribución restringida, algunas de ellas fueron originalmente descritas en las inmediaciones del cerro y posteriormente se encontraron en otras regiones de México como: *Arracacia macvaughii*, *Mammillaria microhelix*, *Polemonium melindae* y *Rubus macvaughianus*; sin embargo, otras como *Baccharis zamoranensis*, *Cirsium zamoranense*, *Salvia zamoranensis* y *Valeriana zamoranensis* se pueden considerar endémicas de este cerro (Tabla 5).

Tabla 5. Especies de distribución restringidas encontradas en el cerro Zamorano.

<i>Arracacia macvaughii</i>	Gto., Qro., Mich., Jal.
<i>Baccharis zamoranensis</i>	Gto., Qro.
<i>Cirsium zamoranense</i>	Gto., Qro.
<i>Coreopsis guanajuatensis</i>	Gto., Qro., S.L.P.
<i>Mammillaria microhelix</i>	Gto., Hgo., Qro., S.L.P.
<i>Polemonium melindae</i>	Chih., Dgo., Gto., Qro., S.L.P.
<i>Rubus macvaughianus</i>	Gto., Qro., N.L.
<i>Salvia zamoranensis</i>	Gto., Qro.
<i>Valeriana zamoranensis</i>	Gto., Qro.

Por lo anterior, Rzedowski *et al.*, 2012, consideran a la parte alta del cerro Zamorano como uno de los centros importantes de concentración de especies de distribución restringida en el estado de Querétaro, y no descartan que conforme se avance en el estudio de

la flora del Bajío y de Regiones Adyacentes se descubran otras especies de distribución restringida en esta localidad (Figuras 21, 22, 23).



Figura 21. *Cirsium zamoranense* Rzed. en la cima del cerro.



Figura 23. *Salvia zamoranensis* Zamudio & Bedolla.



Figura 22. *Polemonium melindae* Rzed., Calderón & Villarreal.

En general la flora del cerro Zamorano está relacionada con la de la Altiplanicie Mexicana, con la del Eje Volcánico Mexicano y en menor medida con la Sierra Madre Oriental. Pero es en la parte más alta de esta montaña en donde se manifiesta su singularidad, representada por al menos cuatro especies endémicas y otras varias de distribución muy restringida. Lo que justifica ampliamente los esfuerzos por conservar la diversidad vegetal de los bosques y matorrales que cubren al cerro.

Conclusiones

1. En un gradiente altitudinal de más de 1000 m, el cerro Zamorano presenta amplia variedad de ambientes y tipos de vegetación. La diversidad de hábitats permite una alta riqueza de plantas; sin embargo, el inventario no está completo y aún es necesario seguir colectando.
2. El bosque de *Abies religiosa* es el más extenso y mejor conservado en los estados de Guanajuato y Querétaro.
3. En la parte alta del cerro Zamorano se concentran varias especies raras o endémicas.
4. La cima del Cerro Zamorano funciona como una isla ecológica, aislada desde hace mucho tiempo.
5. En la parte baja y media del cerro la vegetación se encuentra fuertemente perturbada y en amplios sectores ha sido desplazada para establecer parcelas agrícolas y potreros, propiciando la erosión del suelo.
6. Es una región poco poblada, situación que puede ayudar a planificar la conservación de los

ecosistemas. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que en los alrededores de los poblados hay una mayor presión sobre los recursos naturales y es donde más se ha transformado la vegetación.

Agradecimientos

A la Dra. Brenda Bedolla García por facilitar la consulta a la base de datos del Herbario IEB y por compartir algunas fotografías.

A la Biól. Rosa María Murillo por la revisión del texto.

Al Biól. Bruno Gutiérrez Becerril por su compañía en el campo.

Referencias citadas:

- Gómez-Sánchez, M. (1997). *Flora vascular del cerro El Zamorano*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. L002. México, D.F.
- Gutiérrez, J. y E. Solano. (2014). Afinidades florísticas y fitogeográficas de la vegetación del municipio de San José Iturbide, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana* 107: 27-66.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F. 433 pp.
- Rzedowski, J., G. Calderón y S. Zamudio. (2012). La flora vascular endémica en el estado de Querétaro. I. Análisis numéricos preliminares y definición de áreas de concentración de las especies de distribución restringida. *Acta Botanica Mexicana* 99: 91-104.
- Zamudio, S. (1984). *La vegetación de la cuenca del Río Estórax, en el estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 274 pp.
- Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón. (1992). *La vegetación en el estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétaro (CONCYTEQ), Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. 92 pp.

El Cerro El Zamorano como un refugio pleistocénico de la funga queretana: los hongos macromicetos del ecosistema *Abies religiosa*-*Quercus* spp.

Andrés Argüelles-Moyao¹, Felipe Manuel Ferrusca-Rico², Edgardo Ulises Esquivel Naranjo³,
José Antonio Cervantes Chávez³, Fidel Landeros^{2*}

¹ Licenciatura en Biología, ² Laboratorio de Micología, Licenciatura en Microbiología,

³ Laboratorio de Microbiología Molecular, Licenciatura en Microbiología.

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro

*landeros@uaq.mx

Resumen

El presente trabajo hace una revisión del conocimiento actual de los hongos macromicetos del cerro El Zamorano. El primer registro de hongos para ésta localidad data de 1998, en donde se enlistaron 16 especies, mientras que el trabajo más completo se realizó en el año 2002, en donde se reconocen 130 especies. Actualmente, con el uso de herramientas moleculares, algunas de las especies previamente citadas se reconocen ahora como especies nuevas, mientras que otras aún están bajo estudio para su re-descripción como taxones nuevos. Finalmente, se comentan los potenciales que tienen los hongos, los cuales no se están aprovechando y que representan fuentes viables para la conservación y aprovechamiento de recursos forestales no maderables.

Palabras clave: hongos, especies, conservación, aprovechamiento

Abstract

This work reviews current knowledge of macrofungi from El Zamorano Mountain. The first recorded study of fungi in this location dates back to 1998, listing 16 species, while the most comprehensive study, conducted in 2002, documented 130 species. Currently, with the advent of molecular tools, some previously reported species have now been recognized as new, while others remain under study for potential reclassification as novel taxa. Finally, this paper discusses the untapped potential of these fungi—resources that are not currently being utilized but offer promising opportunities for the conservation and sustainable management of non-timber forest products.

Keywords: mushrooms, species, conservation, sustainable management

Introducción

El cerro El Zamorano pertenece a la provincia denominada Faja Volcánica Transmexicana, que es una cordillera volcánica que se extiende desde el Nevado de Colima hasta el Pico de Orizaba e incluye las zonas con mayores elevaciones en el país (Morrone, 2019). Su altitud va de los 1900 msnm en la base, hasta los 3400 msnm en su pico más alto (INEGI, 1986), la cubierta arbórea está representada por bosques de *Quercus* desde la base y hasta alrededor de los 2600 msnm, y bosques de *Abies religiosa* desde ese punto hasta los 3400 msnm (Zamudio et al., 1992). Este sitio es la distribución más septentrional de este tipo de bosques y su flora y funga presentan afinidades holoárticas. En términos de micología forestal, el cerro El Zamorano tiene importancia regional y nacional porque su complejidad topográfica constituye un sitio con estabilidad climática y ecológica que lo convierte en un micro refugio de taxa antiguos. Esto se ve reflejado en El Zamorano al ser el límite superior de la distribución de *Abies religiosa*, siendo esta una conífera cuyas poblaciones han pasado por un cuello de botella mostrando moderados niveles de diversidad genética como resultado de una contracción y subsecuente expansión del tamaño efectivo poblacional (N_e) a partir de un refugio glacial durante el Último Máximo Glacial (LGM, por sus siglas en inglés) (Ortiz-Martínez et al., 2024). Por lo anterior, los hongos asociados a los ecosistemas presentes en esta localidad, son de interés fundamental para la descripción de la biota nacional. Debido a esto, se han descrito dos nuevas especies de un ambiente prácticamente bien monitoreado, como *Cyanoboletus abieticola* y *Helvella jocatoi*; lo que es indicador que es un sitio prioritario para el Estado de Querétaro en su conservación y monitoreo.

Además, El Zamorano forma parte de una dinámica ecológica llamada “Sky-Islands” (Islas terrestres) que hace referencia a que, por estar aisladas geográficamente, las cimas de estas montañas funcionan con la dinámica de la teoría de islas (Cruz-Nicolás et al., 2021, Mastretta-Yanes et al., 2015). Estas “Sky-Islands” es donde las especies de hongos templadas persisten en refugios de gran altitud durante los períodos interglaciares, lo que resulta en

divergencia poblacional (Quintero-Corrales et al., 2020). Por lo tanto, al ser el límite superior de la Faja Volcánica Transmexicana y presentar un nivel bajo de conectividad con otros paisajes de *Abies religiosa*, los hongos mutualistas, saprótrofos y patógenos pueden presentar un nivel aún por investigar de endemismos, adaptación local y diferencias en la estructura genética (Quintero-Corrales et al. 2020).

Los primeros registros de hongos macromicetos para el cerro El Zamorano datan del año 1998, con la publicación del libro “Hongos del Estado de Querétaro” (García et al., 1998). Son 16 especies las que enlista, y si bien esto no es un reflejo de la gran riqueza micobiótica del cerro El Zamorano, sí abrió un foco de interés para que otras personas se interesaran por realizar estudios de los hongos que prosperan en ese lugar, debido a que se trata de un lugar que presenta características bióticas y abióticas muy particulares en nuestro Estado.

El trabajo más completo sobre los hongos del cerro El Zamorano fue realizado por Landeros et al. (2006), en donde se describen 130 especies, lo cual hace que ésta localidad se considere como la zona con mayor riqueza de hongos descritos para el Estado de Querétaro. Otras montañas en México en las cuales se han llevado a cabo estudios sobre hongos son el complejo volcánico de Colima y el Parque Nacional La Malinche. En cuanto al complejo volcánico de Colima, el cual incluye tres cumbres volcánicas ubicadas en los Estados de Jalisco y Colima: el Nevado de Colima, el Volcán de Fuego y el Volcán del Cántaro; se encuentra el trabajo de Torres-Preciado et al. (2020), que consiste en una actualización sobre la micobiota del sitio, dicho trabajo arroja la presencia de 408 taxones, dos nuevos registros para México, 11 para el Estado de Jalisco y 20 para el Estado de Colima. Por otro lado, el trabajo de Cervantes-Bello et al. (2018), se enfoca en la importancia cultural de los hongos en la comunidad de San Pedro Tlalcuapan y se compara con otras 10 comunidades ubicadas también dentro del Parque Nacional La Malinche, el cual forma parte de los principales cuerpos volcánicos de la Faja Volcánica Transmexicana y se localiza entre los estados de Tlaxcala y Puebla. Dentro de los resultados del trabajo antes mencionado, se registra el uso de 50 especies dentro de la comunidad de San Pedro

Tlalcuapan y 63 especies usadas en las 11 comunidades del Parque Nacional La Malinche; dentro de los usos de los hongos se encuentran: alimento, comercio, insecticida, medicina, combustible, ornamental y forrajeo.

Actualmente, el desarrollo de uso de secuencias de ADN como una herramienta taxonómica (White *et al.*, 1990) ha permitido tener un elemento extra como criterio para definir y describir especies nuevas cuando se trata de complejos de especies o bien de especies crípticas. También, El Zamorano, es el último refugio estable de *Abies religiosa* en el Estado cuando lo comparamos con las otras especies. En la Sierra gorda, está presente *Abies guatemalensis* principalmente en suelos derivados de rocas calizas, mientras que en otras partes de la faja volcánica dentro del estado de Querétaro, *A. religiosa* es rara o extinta localmente. Particularmente, se encuentran comúnmente en nuestro estado bosques de pino, encino o pino-encino en los ambientes templados, siendo El Zamorano un refugio de biodiversidad de animales, plantas y hongos. Como se ha visto, la diversidad de hongos de alta montaña asociada con los bosques de pino, encino y oyamel son diferentes. Es decir, tienen más efecto en México el tipo de hospedero que la distancia geográfica entre las diferentes especies de plantas que son el nicho de diferentes hongos (Argüelles-Moyao y Garibay-Orijel, 2018). Es decir, los sitios con especies de plantas similares tienen una composición de hongos similar. Como consecuencia, el aislamiento geográfico en diferentes picos montañosos conduce a una diferenciación alopátrica no adaptativa de las poblaciones fúngicas (Quintero-Corrales *et al.*, 2020), traduciéndose en potenciales nuevas especies por estos fenómenos poblacionales, y en sitios sombrilla para la protección de flora, fauna y funga.

Desarrollo

A continuación, se comentarán algunos registros nuevos de especies de hongos que se han recolectado después del trabajo de Landeros *et al.* (2006), especies nuevas que se han descrito y finalmente, especies nuevas que están en estudio para su posterior descripción.

Registros nuevos

Aleuria aurantia (Figura 1A). Especie que se caracteriza por su forma de copa de tonos anaranjados y prosperan en bosques de *Abies*, no se tiene conocimiento de su comestibilidad.

Dacrymyces chrysospermus (Figura 1B). Especie de consistencia gelatinosa de tonos anaranjados, crecen sobre restos vegetales, especialmente sobre ramas y troncos, es un hongo descomponedor de materia orgánica, no se tienen datos de su comestibilidad.

Humaria hemisphaerica (Figura 1C). Especie en forma de tazón con vellosidades, con la parte interna de tonos grisáceos y la superficie externa de tonos marrón a chocolate, es una especie descomponedora de materia orgánica, común en bosques de coníferas y de comestibilidad desconocida.

Peziza badiocconfusa (Figura 1D). Especie en forma de tazón irregular, de tonos marrón claro tanto en su superficie interior como exterior, sin vellosidades, posiblemente se trate de una especie micorrícica asociada a especies de coníferas, su comestibilidad es desconocida.

Especies nuevas descritas

Cyanoboletus abieticola (Figura 2A). Especie descrita por García-Jiménez *et al.* (2024), como su nombre lo indica es una especie que se distribuye en bosques de *Abies*, se trata de una especie endémica de México y se ha recolectado en la Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz.

Helvella jocatoi (Figura 2B). Especie descrita por Landeros *et al.* (2021) y dedicada al M. en C. José Castillo Tovar, pionero de la micología en Querétaro. Ésta especie es endémica de la Faja Volcánica Transmexicana, asociada a bosques de *Abies* y es una especie que se comercializa en mercados, principalmente de la zona centro de México.



Figura 1. Algunos registros nuevos de especies de hongos para el cerro El Zamorano. A. *Aleuria aurantia*, B. *Dacrymyces chrysospermus*, C. *Humaria hemisphaerica* y D. *Peziza badiocnufa*.



Figura 2. Especies nuevas que se han descrito del cerro El Zamorano. A. *Cyanoboletus abieticola* y B. *Helvella jocatoi*.

Especies nuevas en estudio

La siguiente sección tratará sobre especímenes de hongos que se han recolectado en el cerro El Zamorano que actualmente están en estudio debido a que se tratan de especies nuevas y que se publicarán eventualmente.

Cyptotrama sp. (Figura 3A). El género fue descrito en 1960 y actualmente cuenta con alrededor de 16 especies descritas en todo el mundo. Los especímenes que se han recolectado en el cerro El Zamorano inicialmente fueron identificados por Landeros *et al.*

(2006), sin embargo, sus coloraciones y ornamentaciones del sombrero son diferentes a las especies conocidas, además que ninguna de las especies de *Cyptotrama* crecen asociadas a bosques de *Abies*.

Geopyxis sp. (Fig. 3B). El género fue descrito en 1889 y actualmente cuenta con alrededor de 26 especies descritas en todo el mundo. Recientemente se describió *Geopyxis carolinae*, una especie asociada a bosques de *Abies religiosa*, sin embargo, los especímenes del cerro El Zamorano difieren totalmente en coloraciones con respecto a esa especie.

Helvella sp. 1 (Figura 3C). El género fue descrito en 1737 y actualmente cuenta con alrededor de 105 especies descritas en todo el mundo. A partir del año 2012, se han descrito cerca del 50% de las especies que actualmente conocemos, debido a la incorporación del uso de secuencias de ADN como herramienta taxonómica. Originalmente, Landeros *et al.* (2006) citaron a *H. elastica* para el cerro El Zamorano, actualmente sabemos que ésta especie es endémica del norte de Europa y no crece asociada a bosques de *Abies*.

Helvella sp. 2 (Figura 3D). Landeros *et al.* (2006), citaron a *H. crispa* para el cerro El Zamorano, sin embargo, ahora sabemos que ésta especie es endémica de la parte norte de Europa. Los especímenes identificados como *H. crispa* en México son comercializados en mercados en la zona centro, por lo que se trata de una especie comestible de importancia cultural.

Morchella sp. (Figura 3E). El género fue descrito en 1794 y actualmente cuenta con alrededor de 80 especies descritas en todo el mundo. La especie de *Morchella* que prospera en el cerro El Zamorano originalmente fue citada por García *et al.* (1998) como *M. elata* y después por Landeros *et al.* (2006) como *M. costata*, sin embargo, ambas especies son europeas y de acuerdo a secuencias de ADN que hemos generado de especímenes del cerro El Zamorano, no corresponde con ninguna de éstas especies.

Mycena sp. (Figura 3F). El género fue descrito en 1806 y actualmente cuenta con alrededor de 500 especies descritas en todo el mundo. Recientemente se han recolectado especímenes *Mycena* de tonos lila, la cual comúnmente es catalogada como *M. pura*, sin

embargo, ésta se trata de un complejo de especies, en el año 2024 se describieron 11 especies nuevas, sin embargo, ninguna de ellas de México asociada a bosques de *Abies*.

***Xerocomellus* sp.** (Figura 3G). El género fue descrito en 2008 y actualmente cuenta con alrededor de 12 especies. García *et al.* (1998) y Landeros *et al.* (2006) registraron a *Xerocomus coniferarum* del cerro El Zamorano, sin embargo, el género *Xerocomus* ha sido separado en varios, entre ellos *Xerocomellus*, actualmente ninguna de las especies conocidas de éste género en México fue descrita asociada a bosques de *Abies*.



Figura 3. Algunos hongos que están en estudio, debido a que se tratan de especies nuevas. A. *Cyptotrama* sp., B. *Geopyxis* sp., C. *Helvella* sp. 1, D. *Helvella* sp. 2, E. *Morchella* sp., F. *Mycena* sp. y G. *Xerocomellus* sp.

Aplicaciones y recomendaciones

Los hongos desarrollan varias funciones importantes en los ecosistemas, entre las que destacan la descomposición de materia orgánica y la simbiosis con las raíces de las plantas formando micorrizas.

A continuación, se describen algunas aplicaciones que se les puedan dar a los hongos que prosperan en el cerro El Zamorano. La recolección y el consumo de hongos en el Zamorano existe y es común, dado que aún se preservan algunos nombres tradicionales. No obstante, el cambio de uso de suelo y la pérdida de vegetación forestal reduce la disponibilidad de este recurso. Algunas alternativas para la re-valoración y promoción del uso pueden ser la elaboración de un recetario en conjunto con la

población de la parte de Guanajuato, lo que permitiría comparar y tener datos exactos sobre la preservación o pérdida del conocimiento tradicional. Otras acciones pertinentes serían: un taller de identificación y prevención de intoxicaciones por hongos en conjunto con la secretaría de Salud del Estado; un programa piloto de producción de planta forestal in situ (*Abies* y *Quercus*), con inóculo de los hongos ectomicorrízicos aprovechables; recorridos micoturísticos diurnos y nocturnos guiados por la dupla especialista tradicional y micólogo, con finalidades de educación ambiental y turismo de naturaleza de bajo impacto, para la población de la ciudad de Querétaro y áreas aledañas.

Micorrizas. El cerro El Zamorano está teniendo problemas de deforestación, principalmente en la zona de *Abies religiosa*, motivo por el cual es urgente realizar actividades de reforestación.

Actualmente sabemos que hay una gran diferencia entre una plántula para reforestación si ésta viene con micorriza o no, motivo por el cual es imprescindible realizar aislamiento de hongos que ayuden al éxito de proyectos de restauración.

Hongos comestibles silvestres. El cerro El Zamorano alberga especies comestibles de importancia cultural y económica que pueden comercializarse para obtener un beneficio económico, que puede ayudar a la conservación del lugar.

Las especies que prosperan en el Zamorano y que tienen un gran mercado a nivel nacional e internacional son: *Auricularia americana*, *Helvella* spp., *Morchella* sp., y *Turbinellus floccosus*. Desafortunadamente, dichas especies no son aprovechadas debido a que las personas que viven en los alrededores del cerro poco saben de su potencial de comercialización.

Cultivo de hongos comestibles. Recientemente, por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro estamos realizando talleres de cultivo de hongos comestibles, para que las personas aprendan cómo producirlos en sus casas, y usarlos para venta o autoconsumo. Esta es un área con gran potencial, que

esperamos pueda llevarse a cabo en comunidades cercanas al cerro El Zamorano.

Conclusión

El cerro El Zamorano representa la localidad con mayor riqueza de hongos descritos en el Estado de Querétaro, sin embargo, es probable que sólo conozcamos cerca del 20% de especies que prosperan; además, se trata de un área con gran endemismo de especies. El potencial de aprovechamiento que puede darse a los hongos puede ayudar a la conservación del cerro El Zamorano.

Referencias bibliográficas

- Argüelles-Moyao, A. & Garibay-Orijel, R. (2018). *Ectomycorrhizal fungal communities in high mountain conifer forests in central Mexico and their potential use in the assisted migration of Abies religiosa*. *Mycorrhiza* 28, 509–521. <https://doi.org/10.1007/s00572-018-0841-0>
- Cervantes-Bello, E., Guideoni-Caamal, L., Montoya-Esquivel A., Trejo, Vázquez, R. & Cifuentes-Blanco, J. (2018). Importancia cultural de los hongos silvestres útiles en San Pedro Tlalcuapan, Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. *Regiones y Desarrollo Sustentable* 35, 78-105.
- Cruz-Nicolás, J., Villarruel-Arroyo, A., Gernandt, D. S., Fonseca, R. M., Aguirre-Planter, E., Eguarte, L. E., & Jaramillo-Correa, J. P. (2021). *Non-adaptive evolutionary processes governed the diversification of a temperate conifer lineage after its migration into the tropics*. *Molecular Phylogenetics*
- García, J., Pedraza, D., Silva, I., Andrade, R. L., & Castillo, J. (1998). *Los hongos del Estado de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro.
- García-Jiménez, J., Ayala-Vásquez, O., de la Fuente, J. I., Garibay-Orijel, R., Garza-Ocañas, F., Esquivel-Naranjo E. U., Ferrusca-Rico, F. M., & Landeros, F. (2024). *Cyanoboletus abieticola* (Boletaceae, Basidiomycota), a new species for Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 95, e955268. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e>
- INEGI. (1986). Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Querétaro.
- Landeros, F., Castillo, J., Guzmán, G., & Cifuentes, J. (2006). Los hongos (macromicetos) conocidos en el Cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato), México. *Revista Mexicana de Micología* 22, 25-31.
- Landeros, F., Ferrusca-Rico F. M., Guzmán-Dávalos L., Esquivel-Naranjo E.U., Matías-Ferrer, N. M., Burrola-Aguilar, C., Viurcos-Martínez G. A., & Garibay-Orijel, R. (2021). *Helvella jocatoii* sp. nov. (Pezizales, Ascomycota), a new species form *H. lacunose* complex with cultural importance in central Mexico *Abies religiosa* forests. *Phytotaxa* 498 (1), 001-011. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.498.1.1>
- Mastretta-Yanes, A., Moreno-Letelier, A., Piñero, D., Jorgensen, T. H., & Emerson, B. C. (2015). *Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography, and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt*. *Journal of Biogeography*, 42(9), 1586–1600. <https://doi.org/10.1111/jbi.12547>
- Morrone, J.J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 90: e902980. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Ortiz-Martínez, A., Moreno-Letelier, A., Delgado-Valerio, P., Piñero, D., Ortiz-Martínez, C. & Vázquez-Lobo, A. (2024). *Diversidad genética en las pináceas de Norteamérica: una revisión actual*. *Ecosistemas* 33(3): 2725. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2725>
- Quintero-Corrales, C., Ángeles-Argáiz, R., Jaramillo-Correa, J. P., Pinero, D., Garibay-Orijel, R., & Mastretta-Yanes, A. (2020). *Allopatric instead of parapatric divergence in an ectomycorrhizal fungus (Laccaria trichodermophora) in tropical sky-islands*. *Fungal Ecology*, 47: 100966.
- Torres-Preciado, C. O., Rodríguez-Alcántar, O., Herrera-Fonseca M. de J. & Figueroa-García, D. 2020. Catálogo de la micobiota del Complejo Volcánico de Colima, México. *Acta Botanica Mexicana* 127: e1686. DOI:10.21829/abm127.2020.1686
- White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J., & White T. J. (Eds.). *PCR protocols: A guide to methods and applications* (10th ed., Vol. IV, pp. 315–322). Academic Press. New York.
- Zamudio, S., Rzedowski, E., Carranza, E., & Calderón, G. (1992). *La vegetación del Estado de Querétaro. Panorama preliminar*. Instituto de Ecología Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro.

La fauna zamorana

Ulises Padilla-García^{1,3*}, Carlos Chávez-Gloria²

¹Dirección de Planeación Ambiental, Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro

²Ixthēni Comunidad y Territorio A. C.

³Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro

*upadilla@queretaro.gob.mx

Resumen

La fauna presente en un territorio es un patrimonio admirado y reconocido por todos, sin embargo, es un elemento muy poco atendido en la inclusión de estrategias dirigidas a la definición de obras y acciones para su conservación y protección, dada la falsa creencia de que su movilidad les permitirá desplazarse a nuevos territorios derivado del acelerado desarrollo urbano y la ocupación del suelo que puede suceder; por esta razón, cualquier esfuerzo que nos permita tener conocimiento de lo que existe en un lugar determinado, es valioso y necesario para garantizar el sano y adecuado desarrollo de los flujos ecosistémicos de cualquier lugar. La fauna zamorana de vertebrados terrestres está representada por 68 familias con 276 especies, es un grupo importante representado por pequeños organismos difíciles de observar a primera vista, pero cuya presencia garantiza la estabilidad del ecosistema de la región. Es necesario ser conscientes de que nos falta mucho por conocer, por lo que esta contribución pretende ser el detonante para motivar y generar nuevos estudios que permitan dar mejores herramientas para contribuir en su protección, cuidado y aprovechamiento.

Palabras clave: fauna, anfibios, reptiles, aves, mamíferos

Abstract

The fauna within a territory is a valued and widely recognized heritage. However, it remains a largely overlooked aspect in developing strategies for its conservation and preservation. This oversight stems from the misconception that fauna can easily relocate due to urban development and land occupation. Therefore, any effort to understand the biodiversity in a specific location is crucial for maintaining healthy ecosystem flows. In El Zamorano, the terrestrial vertebrate fauna comprises 68 families and 255 species, playing a vital role in ensuring ecosystem stability. Although our understanding is incomplete, this paper aims to spark further research, ultimately contributing to the protection, care, and sustainable use of these species.

Keywords: fauna, amphibians, reptiles, birds, mammals

Introducción

La región del Zamorano, en particular el Cerro El Zamorano, ha sido designado como la Región Terrestre Prioritaria (RTP) 100 por la CONABIO, y reviste una alta importancia para la conservación de la biodiversidad a nivel nacional. Su inclusión dentro de las 152 RTPs subraya la notable riqueza de sus ecosistemas y su significativa integridad biológica. La presencia de extensas áreas de vegetación boscosa bien conservada, dominada por bosques de galería y de encino, constituye uno de los principales atributos que justifican su reconocimiento. Especialmente relevante es el bosque de encino ubicado al norte del cerro, que alberga un importante nivel de integración ecológica y especies endémicas, lo que puede traducirse en riqueza de especies de fauna.

El patrimonio ambiental de cualquier territorio es una responsabilidad de todos, es un derecho humano y constitucional que nos garantiza una alta calidad de vida, y como cualquier derecho viene acompañado de compromisos y responsabilidades, por lo que es necesario reconocer que la protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de estos forma parte integral de nuestro desarrollo, independientemente del sector social o productivo al que pertenezcamos. La ocupación y el desarrollo de cualquier territorio, requiere de una visión estratégica que nos permita garantizar que cada atributo ambiental pueda responder entre otras cosas a mantener: a) La estructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad). b) La composición (riqueza y abundancia de especies) y; c) La función (procesos hidrológicos y geomorfológicos).

Como parte de la biodiversidad que compone un espacio determinado, la fauna es un atributo ambiental que muy poco se considera dentro de los criterios ambientales para la planeación estratégica. Si bien es un elemento que se visualiza y genera empatía social, aún falta mucho conocer de ella, pues se tiene la falsa creencia de que su capacidad de movilidad los llevara a buscar nuevos espacios cuando los suyos son perturbados u ocupados para satisfacer los intereses del desarrollo.

La diversidad biológica, como patrimonio natural, cultural e histórico, es una herencia que recibimos de nuestros antepasados con un compromiso de responsabilidad, respeto y admiración por lo que, la fauna debe ser reconocida por su importancia en el ecosistema y el papel que juega para garantizar sistemas ambientales sanos y funcionales. Constituye, además, parte significativa de nuestras riquezas, que bien manejadas y aprovechadas pueden contribuir al alcance de la sustentabilidad en términos de equidad ambiental, económica y social.

El determinar un listado o número definitivo de especies de fauna en un territorio no es una tarea simple y por mucho que se conozca, nunca será suficiente. Es seguro que en cada visita que se haga al sitio, saldremos maravillados de cada nuevo elemento que podemos descubrir; por lo que esta tarea debe ser un trabajo de monitoreo continuo y permanente, ya que es y será necesaria para poder determinar acciones que nos garanticen su protección y conservación.

La fauna zamorana, reportada en esta contribución, es una pequeña aportación a lo mucho que nos queda por conocer y entender de nuestra bella región del Zamorano. Lo cierto es que más allá de preocuparnos si las cifras son correctas o no, lo importante es contribuir y sumar a esta noble tarea que muchas veces no se reconoce ni es valorada como debe de ser. Esperamos sea el detonante de futuras investigaciones que nos conlleven a la ejecución de obras y acciones para su cuidado. En este escrito se registra lo que posiblemente existe en términos de fauna en El Zamorano y se sientan bases que los tomadores de decisiones deben considerar cuando propongan nuevos usos de los recursos bióticos de la zona. En estas decisiones, el costo ambiental debe determinarse en favor de la biota, se debe favorecer la continuidad de las especies de fauna, considerar su funcionamiento en los ecosistemas locales y evitar su desaparición, pues esto contribuiría al colapso ambiental de esta montaña. Es importante destacar que se identifican especies típicas de montaña que siguen sobreviviendo y adaptándose a situaciones adversas producto del efecto del cambio climático tanto a nivel de comportamiento como reproductivo, marcando interacciones presa-depredador. La fauna

Zamorana aún requiere de mucha investigación y de la consolidación de compromisos dirigidos a la protección, conservación y aprovechamiento sustentable.

Es importante destacar que gran parte de la productividad de los ecosistemas se debe a la riqueza biológica que poseen. En este sentido, la preservación y conservación de los procesos ecológicos es fundamental. La fauna es parte integral de estos procesos y su conservación no solamente beneficiará a la estructura ambiental del lugar, sino a su población humana, presente y futura (Gutiérrez-Yurrita y Padilla-García, 2005).

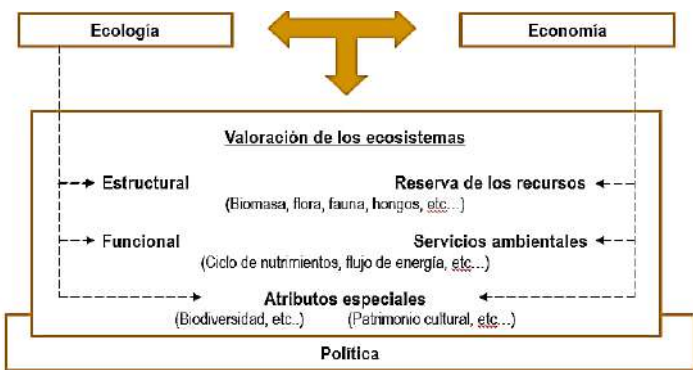


Figura 1. Esquema conceptual operativo para la economía ambiental (Gutiérrez-Yurrita y Padilla-García, 2005).

Desarrollo

Durante muchas décadas la región del Zamorano ha sido objeto de interés ambiental, muchos hemos sido los interesados en conocer la historia física y ambiental que la conforman, por lo que el resultado de este análisis es el esfuerzo de muchos investigadores. Desde los años de los setenta del siglo pasado se tienen documentados algunos registros científicos de la fauna para el Zamorano, pero no fue sino hasta principios de los noventa cuando investigadores y estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma de Querétaro, iniciaron con estudios generales y descriptivos de los diferentes grupos de flora y fauna que la conforman.

No podemos iniciar este análisis sin reconocer el papel e impacto tan importante que el puma (*Puma concolor*) dejó en los primeros pasos del conocimiento de la fauna Zamorana, pues es gracias al reporte de la distribución de esta especie, que la curiosidad de los zoólogos locales les llevó a hacer

una serie de recorridos en la región para documentar su distribución. Los recorridos se aprovecharon para hacer el levantamiento de registros de los diferentes grupos y especies que conforman la diversidad faunística de vertebrados terrestres del lugar. Y es así como inicia la historia de muchos de los estudios que a la fecha se han realizado en la región del Zamorano.



Figura 2. Puma (*Puma concolor*). Fotografía: Banco de Imágenes del Ejido El Carrizal, Colón, Qro.

La fauna de vertebrados terrestres del Zamorano considera a cuatro grupos taxonómicos de fauna muy diferentes entre sí, que son los anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Uno de los últimos estudios compilatorios de la diversidad del estado de Querétaro es el titulado “Historia Natural de Querétaro” (Jones y Serrano-Cárdenas, 2016), realizado por investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro. Este trabajo reconoce 670 especies de vertebrados terrestres para el Estado. Un análisis particular de la región del Zamorano, y la validación de algunos especialistas de estos grupos nos permiten determinar que la fauna de esta región es de 276 especies. Esta no es la verdad absoluta, pues todavía falta mucho por conocer de la fauna en la región.

Tabla 1. Número de especies de vertebrados terrestres reportadas para el estado de Querétaro y la región del Zamorano.

Grupo	Estado de Querétaro		Cerro “El Zamorano”	
	Familias	Especies	Familias	Especies
Anfibios	9	34	4	5
Reptiles	21	104	6	15
Aves	67	431	46	237
Mamíferos	22	101	12	19

Los anfibios son vertebrados cuadrúpedos ectotérmicos (regulan su temperatura corporal con el ambiente), y se caracterizan entre otras cosas por presentar tres tipos de respiración en alguna de sus etapas de vida (pulmonar, branquial o cutánea). Otra característica distintiva es que sus dedos carecen de garras y en su primera etapa de vida presentan un estadio larvario generalmente acuático, seguido de una metamorfosis que les permite alcanzar su forma adulta y reproductiva. La mayoría de los anfibios habitan en zonas húmedas o cerca de cuerpos de agua, pero muchos sapos y ranas arborícolas son capaces de tolerar ambientes áridos. En la región del Zamorano se han logrado registrar cinco especies pertenecientes a cuatro familias (Bufonidae, Hylidae, Ranidae, Plethodontidae), siendo algunas de las especies más reconocidas en la región: las ranas acuáticas (*Lithobates neovolcanica*) y las arborícolas (*Dryophytes eximius*), así como la del tlaconete (*Itismura belli*), una salamandra de coloración roja que es muy llamativa y admirada, pero a su vez temida irracionalmente. Cabe mencionar que ninguna especie de anfibios de la región es venenosa o peligrosa para el ser humano. De este listado, 2 especies se encuentran bajo la categoría de amenazada (A) según la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Figura 3. Tlaconete pinto (*Itismura belli*). Fotografía: Banco de Imágenes de la CONABIO (Matías Domínguez L.).

Son 15 las especies de reptiles reconocidas para la región del Zamorano. Los reptiles son organismos muy diversos, que se caracterizan por presentar una respiración de tipo pulmonar, piel seca cubierta por escamas, un corazón con tres cavidades, y al igual que los anfibios son ectotérmicos. Su reproducción es sexual con fecundación interna y cuenta con la presencia de un huevo de tipo amniótico

es decir con cascara externa, lo que les independiza del medio acuático.

La clase Reptiles fue la primera de vertebrados auténticamente terrestres, por lo que es un grupo faunístico muy bien adaptado a su medio y capaz de sobrevivir en la mayoría de los ambientes y hábitats disponibles. Pueden vivir en ambientes templados, áridos, desérticos, y tropicales, ocupando hábitats arborícolas, terrestres y acuáticos. Algunas de las especies representativas son la lagartija conocida como Licer (*Plestiodon lynxe*), las serpientes de cascabel de montaña (*Crotalus aquilus*, y *Crotalus polystictus*) y el cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), junto con la serpiente de coralillo (*Micrurus tener*). Es relevante señalar que estas 4 especies de serpientes son de importancia médico-epidemiológica para la región, ya que el veneno de su mordedura puede ser mortal si no es atendida correctamente. Del total de especies registradas 8 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: dos Amenazadas (A) y seis sujetas a Protección Especial (Pr).



Figura 4. Cascabel queretana (*Crotalus aquilus*). Fotografía: Banco de Imágenes de la CONABIO (Luis B. Carrasco M.).

Las aves son el grupo más representativo de la fauna de la región. En estado silvestre, comparten muchos espacios y actividades cotidianas con el ser humano. Son un grupo de animales de sangre caliente que se caracterizan por tener plumas, respirar por pulmones, poseer un pico córneo sin dientes, dos patas y dos alas, y una reproducción sexual con la presencia del huevo. Son animales adaptados a la vida

aérea, aunque no todas vuelan, y son capaces de mantener una temperatura corporal constante, independientemente de la temperatura ambiente. Es importante señalar que el Zamorano ha sido identificado como un Área de Importancia para la Conservación de Aves (CIPAMEX y CONABIO, 2015), destacando su papel crucial en el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones de aves nativas. De los listados realizados del AICA y la Plataforma Global eBird (Cornell Lab of Ornithology) se logran identificar 237 especies de aves en el Zamorano, incluyendo sitios de anidación del halcón peregrino (*Falco peregrinus*). Es importante resaltar que, gracias los aportes de usuarios de la plataforma global eBird, se ha registrado la presencia de 21 especies no consideradas previamente para la AICA, lo que corrobora la importancia de la participación de la ciudadanía en el monitoreo de la fauna silvestre. De este listado, 13 especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: una en Peligro de Extinción (P), una Amenazada (A) y once sujetas a Protección Especial (Pr).



Figura 5. Halcón peregrino (*Falco peregrinus*).
Fotografía: Álvaro Rivera Rojas.

Los mamíferos se caracterizan por tener glándulas mamarias que producen leche para alimentar a sus crías, y estar cubiertos de pelo. Además, son vertebrados de sangre caliente (homeotermos), vivíparos, respiran por pulmones y tienen un corazón con cuatro cámaras. Si bien es uno

de los grupos más carismáticos de la fauna de vertebrados terrestres, los estudios han sido más limitados en comparación a los otros grupos. En 2015 se realizó un listado de los mamíferos terrestres de la Reserva de Conservación “El Pinal del Zamorano”, del lado del estado de Guanajuato, que registró un total de 60 especies (Astiazarán, 2015) estas se convierten en especies potenciales para la región del Zamorano en su lado queretano, sin embargo, solamente se han logrado documentar a la fecha, 19 especies pertenecientes a 12 familias. De este listado, nueve especies se han registrado mediante trampeo y/o avistamientos, mientras que las diez restantes se identificaron a través de encuestas. Es relevante considerar que en áreas cercanas se ha registrado con el uso de cámaras-trampa especies como el puma (*Puma concolor*) y el zorrillo listado (*Mephitis macroura*), las cuales habían sido registradas en entrevistas, lo que refuerza la necesidad de continuar los trabajos de monitoreo en la región. De las especies registradas 2 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010: una Amenazada (A) y una sujeta a Protección Especial (Pr).



Figura 6. Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).
Fotografía: Banco de Imágenes del Ejido El Carrizal, Colón, Qro.

Tabla 2. Especies de vertebrados terrestres reportadas para la región del Zamorano, bajo alguna categoría de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie	Estatus
ANFIBIOS	
<i>Lithobates neovolcanica</i>	A
<i>Itismura belli</i>	A
REPTILES	
<i>Kinosternon integrum</i>	Pr
<i>Plestiodon lynxe</i>	Pr
<i>Coluber flagellum</i> ¹	A
<i>Pituophis deppei</i>	A
<i>Crotalus atrox</i>	Pr
<i>Crotalus aquilus</i>	Pr
<i>Crotalus molossus</i>	Pr
<i>Crotalus polystictus</i>	Pr
AVES	
<i>Accipiter cooperii</i>	Pr
<i>Accipiter striatus</i>	Pr
<i>Buteo albonotatus</i>	Pr
<i>Buteo regalis</i>	Pr
<i>Buteo swainsoni</i>	Pr
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Pr
<i>Falco mexicanus</i>	A
<i>Falco peregrinus</i>	Pr
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Pr
<i>Rallus tenuirostris</i>	P
<i>Myadestes occidentalis</i>	Pr
<i>Ridgwayia pinicola</i>	Pr
<i>Asio flammeus</i>	Pr
MAMÍFEROS	
<i>Glaucomys volans</i>	A
<i>Sciurus oculatus</i>	Pr

A (Amenazada), Pr (Sujeta a protección especial), P (En peligro de extinción).

Conclusiones

La situación actual de la fauna zamorana deja en evidencia la necesidad de seguir contribuyendo con estudios que permitan conocer mejor a los vertebrados terrestres en la región. Estos estudios proporcionarán herramientas esenciales para la toma de decisiones de forma participativa por parte de los diversos actores del territorio (gobierno en sus tres niveles, organizaciones no gubernamentales, ejidatarios y propietarios privados). En este sentido, se reconoce a los inventarios de especies y de ecosistemas como la base para definir acciones conducentes a la gestión estratégica de los recursos naturales y el mantenimiento de los procesos

ecológicos a nivel de ecosistemas. Contar con ellos permitirá normar criterios de priorización y asignación de recursos destinados a la protección, conservación y aprovechamiento sustentable de las especies de fauna silvestre en la región.

Esta contribución pretende ser un ejercicio que despierte el interés de seguir contribuyendo al redescubrimiento de la región del Zamorano, pues estamos convencidos de la existencia de investigaciones en la región que no se retomaron en esta publicación. Por esto, este no es un documento determinante sino un punto de partida.

Es necesario señalar la importancia que tiene la participación de las comunidades en el monitoreo y conocimiento de la diversidad faunística de la región, pues son sus habitantes los que viven y conocen los problemas ambientales que requieren ser atendidos con estrategias de protección y conservación de las especies. Por lo que el reconocimiento de la presencia de esta fauna silvestre en cualquier ecosistema de nuestro país, es un motivo de orgullo y debe ser revalorada como parte de nuestra riqueza, patrimonio y legado biocultural para las generaciones presentes y futuras.

¹ Nombre actual: *Masticophis flagellum* (N. del E.).

Referencias

- Astiazarán A. A. (2015). *Listado de mamíferos terrestres de la Reserva de Conservación "El Pinal del Zamorano", Guanajuato*. Tesis. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Banco de Imágenes del Ejido El Carrizal, Colón, Qro. (2023). Listado de vertebrados terrestres registrados a través de observaciones directas, capturas, trampas-cámara y detección de rastros en la UMA "Los del Carrizal" y colindancias en el periodo 29 mayo a 3 junio 2023.
- CIPAMEX y CONABIO. (2015). Áreas de importancia para la conservación de las aves. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aicas15gw.html>
- Gutiérrez-Yurrita, P. J. y Padilla-García, U. (2004). *Análisis Sintético de la fauna Queretana y Estrategias para su Gestión y Preservación*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Jones, Robert W. y Serrano-Cárdenas Valentina. (2016). *Historia natural de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro.

El Zamorano, región de importancia para la conservación de la vida

María de Lourdes Rico Arce^{1*}, Alejandra Núñez Merchand³, Rocío Villalón Calderón² y Elizabeth Moreno Gutiérrez¹

¹Subdirección de Curación de Datos e Información Botánica, ²Subcoordinación de Inventarios Biológicos, ³Subdirección de Sistemas de Información Geográfica, CONABIO. Liga Periférico - Insurgentes Sur, Núm. 4903, Col. Parques del Pedregal.

Delegación Tlalpan, Ciudad de México

*mrico@conabio.gob.mx

Resumen

El cerro Zamorano es una de las 151 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) en México publicadas en el año 2000. Estas funcionan como una herramienta de planeación que permite impulsar la estrategia de conservación *in situ*. Definida por su geomorfía, El Cerro Zamorano RTP 100 incluye parte de ocho municipios de los estados de Guanajuato y Querétaro; se localiza en la Altiplanicie mexicana, zona de las menos representadas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). El Cerro Zamorano, posee su propia riqueza cultural, hidrología, biota y poblaciones presentes que requieren de un buen manejo para su sustentabilidad. Usando las herramientas disponibles en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la CONABIO, se presenta el análisis de los datos actuales del Cerro Zamorano y el potencial de las herramientas y plataformas de la institución.

Palabras clave: conservación, formatos y herramientas electrónicas, endemismo, restauración

Abstract

The Cerro Zamorano is one of the 151 Priority Terrestrial Regions (RTP) in Mexico published in the year 2000. These function as a planning tool that allows building *in situ* conservation strategies. Defined by its geomorphology, the Cerro Zamorano RTP-100 includes part of eight municipalities in the states of Guanajuato and Querétaro; it is located in the Mexican Altiplano, area that is the least represented in the National System of Protected Areas (SINAP). The Cerro Zamorano possesses its own cultural richness, hydrology, biota, and present populations that require proper management for its sustainability. Using the tools available in the National Biodiversity Information System (SNIB) of CONABIO, an analysis of current data on Cerro Zamorano and the potential of CONABIO's tools and platforms are presented.

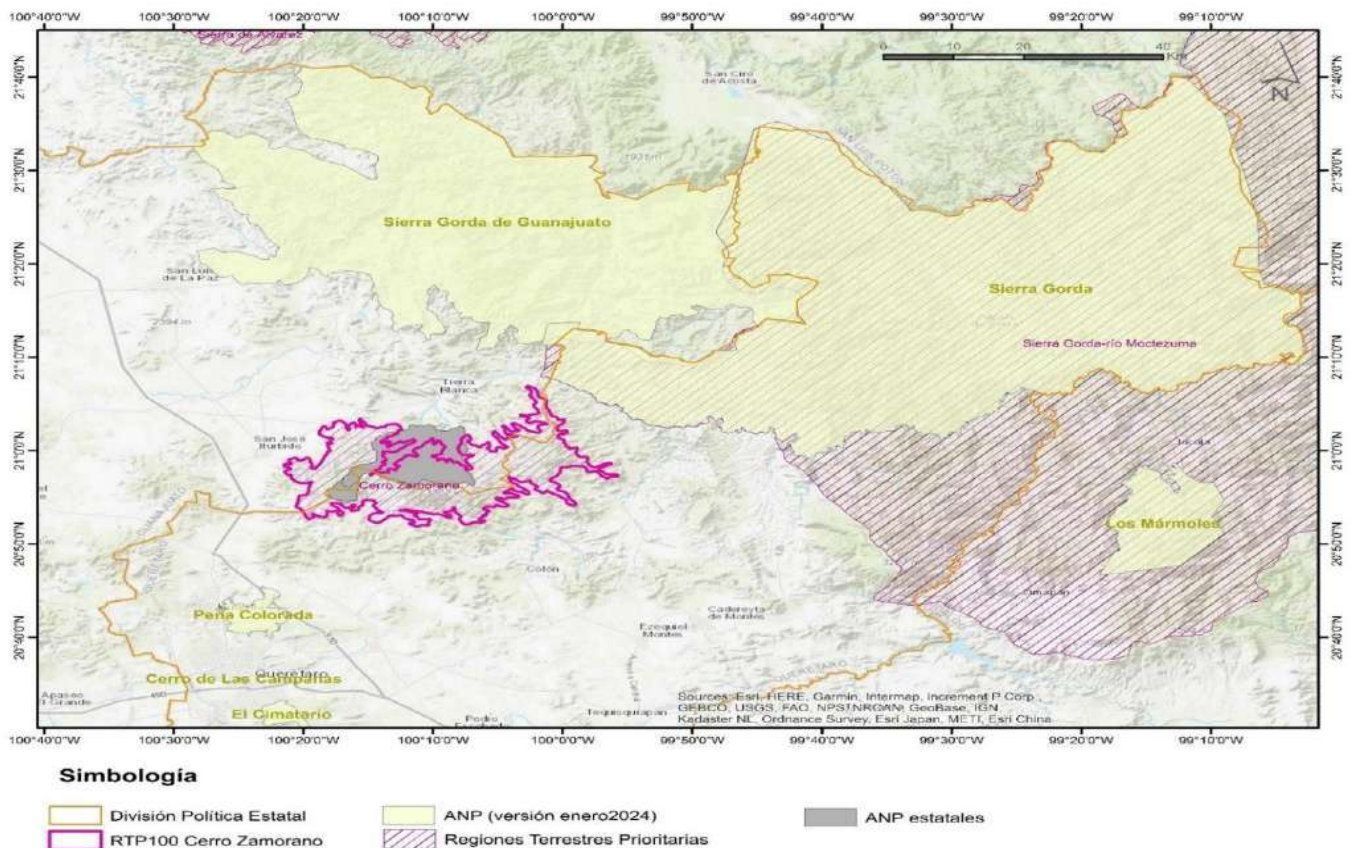
Keywords: conservation, electronic formats and tools, endemism, restoration

Introducción

La CONABIO desde sus orígenes ha recopilado información de datos primarios que sistematiza y ofrece a la sociedad mexicana ciudadana, académica, y de actores para la toma de decisiones en materia ecológica, ayudando a otras a instituciones e implementado para sus análisis valiosas herramientas y construyendo sustentablemente el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). También atiende solicitudes de recomendaciones a gobiernos estatales, federales y municipales para preservar la biodiversidad en México. La información existente en la CONABIO es pública, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA 1988-2024).

Durante 1996 y 1999 se llevaron a cabo los talleres y análisis para delimitar 151 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), donde participaron 65 expertos de 37 diferentes instituciones que analizaron los polígonos de cada una. La RTP-100 Cerro

Zamorano es delimitada por su geoforma, que ocupa parte de Guanajuato y Querétaro, e incluye parte de ocho municipios (Arriaga *et al.* 2000). Como convergencia o necesidad, a la zona conocida como Pinal del Zamorano se declara con Categoría de Área Natural Protegida, Reserva de Conservación; ubicada en los municipios de Tierra Blanca y San José de Iturbide, Guanajuato (Decreto gubernativo Número 161, Periódico Oficial del Gobierno del estado de Guanajuato, 6 junio 2000). Hacia el sur, la cima del Pinal del Zamorano corresponde al lugar más alto que corresponde al municipio de Colón en el estado de Querétaro. Posteriormente, la zona El Pinalito es propuesta en la Categoría de Reserva Estatal con el nombre de Dr. Mario Molina Pasquel; anteriormente parte de La Hacienda de Chichimequillas, del municipio El Marqués, Querétaro (La Sombra de Arteaga, 7 de febrero de 2003) (Figura 1). Debido a sus características biológicas y físicas, las RTPs resguardan gran cantidad de biodiversidad y proveen servicios ecosistémicos fundamentales como agua y secuestro de CO₂, entre otros.



Históricamente, la botánica documentada para el Zamorano consistía solo de unas 80 colecciones herborizadas por Rzedowski y McVaugh en 1971 (citado en Gómez Sánchez, 1997), siendo en su mayoría nuevos registros para el área. Posteriormente, como resultado de un proyecto SNIB-CONABIO, se encontró que, en el Cerro Zamorano RTP-100, existían 72 familias, 168 géneros, con 282 especies tres variedades y dos subespecies Gómez Sánchez (1997); con subsecuente actualización de 74 familias, 186 géneros y 311 especies 8 variedades y 5 subespecies (Gómez Sánchez 2012). Estos datos incluyeron 7 familias, 13 géneros, 28 especies y una variedad de Pteridofitas. Para plantas vasculares registran 178 familias, 901 géneros y 2786 especies. Significando que en el Cerro Zamorano hay aprox. un 41.5 % de las familias, 20% de los géneros y 11% de las especies de Guanajuato. Otras fuentes sustantivas fueron el listado florístico preliminar del estado de Querétaro con 2,334 especies, lo cual brindo un panorama más claro de la riqueza de especies vegetales (Argüelles *et al.* 1991). Rzedowski & Bedolla García (2021) encontraron, para la diversidad de plantas vasculares de Querétaro 209 familias, 1283 géneros y 3857 especies, significando que en Zamorano hay un 35% de familias, 14% de géneros y 8% de especies. Arreguín Sánchez y Fernández Nava (2025), encuentran 27 familias, 65 géneros 241 especies 15 variedades y un híbrido de Pteridofitas.

En la CONABIO hay varias plataformas y herramientas para el manejo eficiente de datos crudos; las más sencillas y amigables están en: www.enciclovida.mx, www.biodiversidad.mx y de estas cuales se puede obtener información de la biota, su mapa de distribución, listados actuales de taxa a diferente nivel taxonómico, número de especies por región, descarga de registros en descriptores fundamentales, imágenes, guías ilustradas de campo, todo con interfaces amigables, e incluso páginas adecuadas y atractivas para menores de edad. Más especializadas para análisis geoespacial como www.geoportal.mx; la alerta temprana de incendios <http://incendios-beta.conabio.gob.mx/>; el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad

<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/monitoreo-biodiversidad/>; y la más reciente, acerca de restauración ambiental www.snira.mx.

Para información de todo lo disponible en formatos electrónicos digitales, descargables, enlaces, videos, boletines, lista de especies a cualquier nivel taxonómico, y varios más, consultar www.conabio.mx y sus redes sociales.

Desarrollo y aplicaciones

Utilizando datos actuales del SNIB se compiló la información de las poblaciones locales y estado de la riqueza biológica que existe en El Cerro Zamorano RTP-100. Se delimito el polígono que cubre la RTP usando la cartografía más reciente del INEGI y se generó el mapa base y sus alrededores (Figura 1).

Posteriormente se sobrepusieron capas de recursos hídricos, curvas de nivel, presencia de cerros y poblaciones censadas. Por otro lado, usando las bases relacionadas del SNIB, se generó el inventario de la BIOTA dentro del polígono ya establecido, recuperando datos provenientes de 22 proyectos.

Usando los datos actuales (septiembre, 2024) del SNIB, cartografía del INEGI y GIS, El Cerro Zamorano se identificó como una región predominantemente con bosque de encino, en menor grado de coníferas y cierto grado de endemismo dentro de estos núcleos; otros tipos de vegetación fueron pastizales, matorrales y un mínimo de selva y áreas de agricultura (Figuras 2 y 3).

De acuerdo con la cartografía más reciente del INEGI, es conocido que la mayor altitud en todo el estado es El Volcán Zamorano desde el piedemonte a 2200 msnm hasta la curva de 3400 msnm; aparte, existen oficialmente 10 cerros, tres piedras y 63 poblaciones grandes o pequeñas. Entre las más grandes están El Fuenteño, Las Tuzas, Ejido Patria y Los Trigos; entre los pequeños están La Colmena y El Tapanco.

Para el inventario de la BIOTA, y su localización en El Zamorano, en el SNIB-SCat se encontró que los grupos mejor representados en cuanto número de registros validados fueron las Aves

y las Plantas con 1,238 y 4,598, respectivamente (Tabla 1). Sin embargo, no se ha logrado validar la posición geográfica, validación o identificación a especie debido para 200 de ellos, debido a la poca información. Para las plantas, se registraron 138 familias vasculares y no vasculares (Tabla 2), a los que se suman 64 más en el Cerro Zamorano, publicados por Gómez Sánchez (2012). Dentro de estas, 47 especies son plantas exóticas, y 3 son exóticas invasoras de aves. (Tabla 3).

Tabla 1. Número de especies en el SNIB de los grupos principales de la biota en El Cerro Zamorano.

Grupo biológico	Número de registros en el SNIB	Número de especies (infraespecíficos)
Anfibios	25	6
Aves	1238	142(4)
Hongos	159	-----
Invertebrados	423	-----
Mamíferos	32	9(2)
Plantas	4598	994
Reptiles	109	18
Protozoos	1	1

La mayoría de exploraciones han sido de plantas vasculares, en contraste para briofitas (musgos y antoceros) de los que se notó la casi ausencia de datos; el SNIB-SCat presentó solo un registro por especie (Figura 2). Para Querétaro, se sabe que han sido estudiados muy recientemente por Herrera-Paniagua *et al.* 2008, 2017 y Herrera-Paniagua *et al.* 2014 (citado en Herrera-Paniagua 2025), quien ha reportado en el estado 41 familias, 120 géneros, 234 especies y 25 variedades. La mayor cantidad de especies se localizan en los bosques de coníferas y encinos, y cabe resaltar que son los tipos de vegetación predominantes en El Cerro Zamorano; en el Municipio de Colon hay 53 especies, dato de suma importancia porque sus especies se concentran en el cerro Pinal de Zamorano (Herrera-Paniagua, 2025).

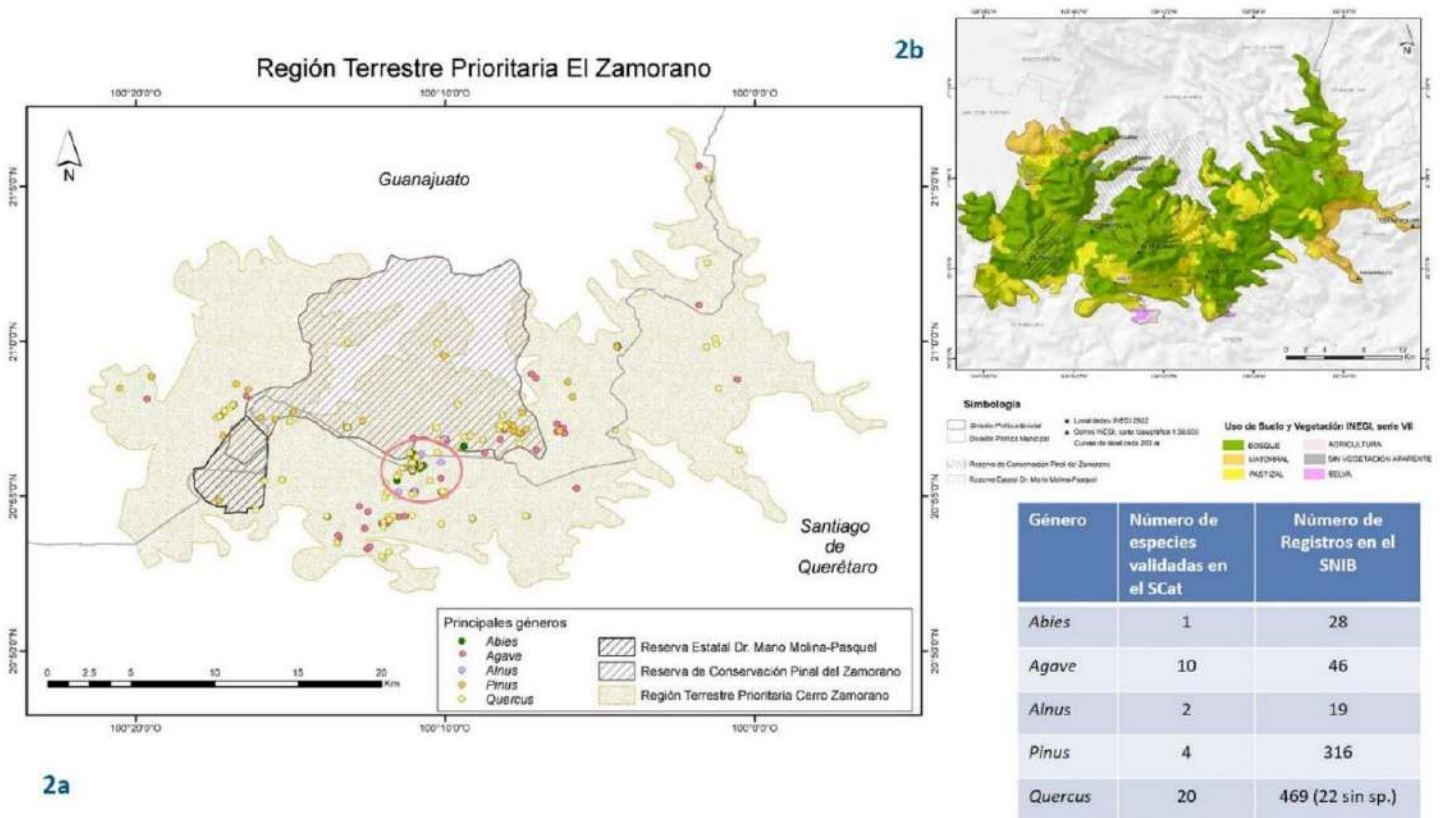


Figura 2. Distribución de cinco géneros importantes en el Zamorano ya sea de acuerdo su cobertura para la formación de bosques, *Agave* como posible indicador de prácticas agrícolas 2a; Principales tipos de vegetación 2b.

En el SNIB-SCat se encontraron 46 especies en el Zamorano, y 44 en el municipio de Colón. Tomando como ejemplo a *Ceratodon purpureus* (Fam. Ditrichaceae), que es una especie indicadora de buen drenaje y altos niveles de nitrógeno en el sustrato; en lugares con *Thuidium delicatulum* (Fam. Thuidiaceae) hay buena calidad del aire (Figura 4).

Otra herramienta avanzada disponible en www.enciclovida.mx es la construcción de guías ilustradas de campo. Para los musgos del municipio de Colón, se obtuvo una guía de 9 páginas de las 44 especies a partir de 90 registros ya integrados en el SNIB-SCat (Figura 5).

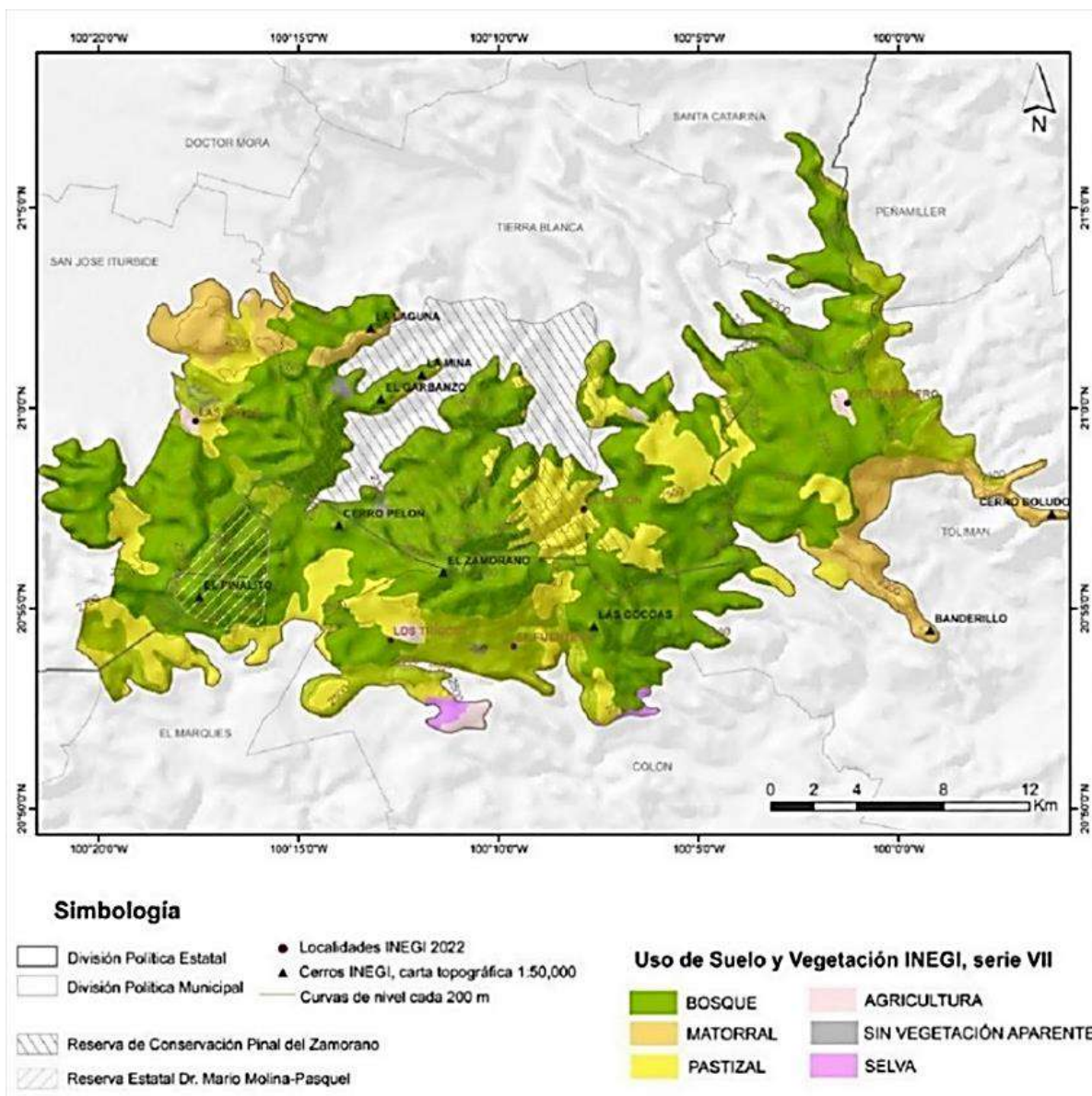
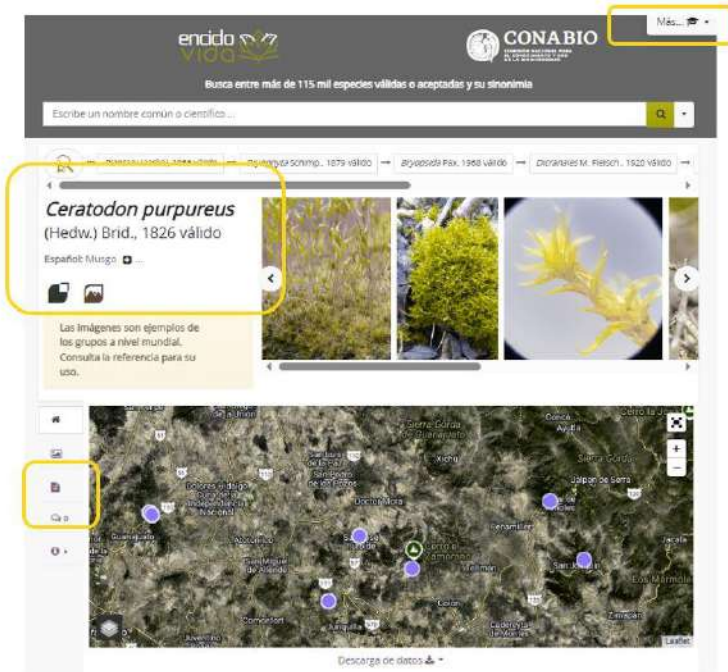
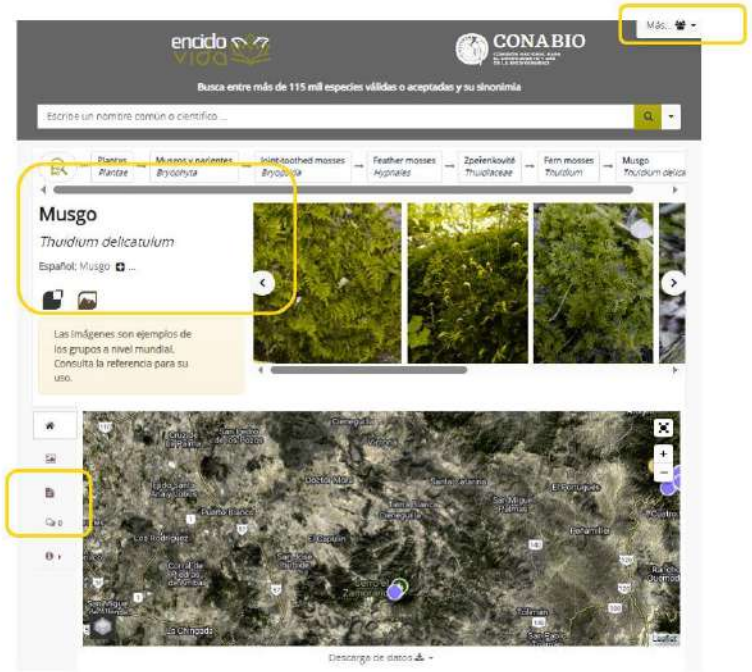


Figura 3. Principales tipos de vegetación, localidades más grandes y cerros.
Elaboró: Alejandra Núñez Merchand.

Cerro El Zamorano: perspectivas para la conservación de su biodiversidad MUSGOS Y ANTOCEROS



[Ceratodon purpureus \(enciclovida.mx\)](http://www.enciclovida.mx)



[Thuidium delicatulum \(enciclovida.mx\)](http://www.enciclovida.mx)

Figura 4. *Ceratodon purpureus* (Ditrichaceae) y *Thuidium delicatulum* (Thuidiaceae); datos como aparecen publicados digitalmente en www.enciclovida.mx

Tabla 2. Numero de especies de Plantas registradas en el SNIB-SCat en El Cerro Zamorano.

ID	Familia	No. de especies	ID	Familia	No. de especies	ID	Familia	No. de especies
Grupo Biológico: Angiospermae			48	Iridaceae	13	96	Santalaceae	6
1	Acanthaceae	1	49	Juncaceae	5	97	Sapindaceae	1
2	Adoxaceae	2	50	Krameriaceae	1	98	Saxifragaceae	1
3	Amaranthaceae	4	51	Lamiaceae-Labiatae*	36	99	Scrophulariaceae	6
4	Amaryllidaceae	4	52	Lauraceae	2	100	Smilacaceae	1
5	Anacampserotaceae	1	53	Lennoaceae	1	101	Solanaceae	39
6	Anacardiaceae	3	54	Lentibulariaceae	4	102	Talinaceae	1
7	Apiaceae-Umbelliferae*	19	55	Liliaceae	1	103	Tropaeolaceae	1
8	Apocynaceae	11	56	Linaceae	2	104	Urticaceae	2
9	Apodanthaceae	1	57	Loasaceae	1	105	Verbenaceae	8
10	Araceae	1	58	Loranthaceae	1	106	Violaceae	1
11	Araliaceae	1	59	Lythraceae	4	107	Vitaceae	1
12	Asparagaceae	21	60	Malpighiaceae	3	Grupo Biológico: Briophyta		
13	Asphodelaceae	1	61	Malvaceae	11	108	Archidiaceae	1
14	Aspleniaceae	3	62	Marsileaceae	2	109	Bartramiaceae	1
15	Asteraceae-Compositae*	202	63	Melanthiaceae	3	110	Brachytheciaceae	1
16	Begoniaceae	1	64	Montiaceae	4	111	Bryaceae	2
17	Berberidaceae	2	65	Moraceae	1	112	Dicranaceae	1
18	Betulaceae	3	66	Namaceae	2	113	Fabroniaceae	1
19	Bignoniaceae	1	67	Nyctaginaceae	8	114	Grimmiaceae	2
20	Boraginaceae	1	68	Oleaceae	1	115	Hedwigiaceae	2
21	Brassicaceae-Cruciferae*	15	69	Onagraceae	9	116	Hypnaceae	3
22	Bromeliaceae	9	70	Orchidaceae	11	117	Leskeaceae	5
23	Burseraceae	1	71	Orobanchaceae	15	118	Leucodontaceae	1
24	Cactaceae	41	72	Orthotrichaceae	3	119	Mniaceae	1
25	Campanulaceae	1	73	Oxalidaceae	6	120	Neckeraceae	1
26	Caprifoliaceae	6	74	Papaveraceae	1	121	Polytrichaceae	1
27	Caricaceae	1	75	Passifloraceae	3	122	Pottiaceae	15
28	Caryophyllaceae	15	76	Phrymaceae	1	123	Pterobryaceae	1
29	Chenopodiaceae	2	77	Phytolaccaceae	2	124	Racopilaceae	1
30	Cistaceae	2	78	Piperaceae	2	125	Rhabdoweisiaceae	1
31	Commelinaceae	13	79	Plantaginaceae	11	126	Thuidiaceae	1
32	Convolvulaceae	20	80	Platanaceae	1	Grupo Biológico: Gymnospermae		
33	Crassulaceae	22	81	Plumbaginaceae	1	127	Cupressaceae	2
34	Cucurbitaceae	7	82	Poaceae-Gramineae*	92	128	Pinaceae	6
35	Cyperaceae	14	83	Polemoniaceae	6	Grupo Biológico: Marchantiophyta		
36	Ericaceae	9	84	Polygalaceae	5	129	Aytoniaceae	1
37	Euphorbiaceae	22	85	Polygonaceae	3	Grupo Biológico: Pteridophyta		
38	Fabaceae-Leguminosae*	70	86	Pontederiaceae	2	130	Athyriaceae	1
39	Fagaceae	22	87	Portulacaceae	4	131	Cystopteridaceae	1
40	Fissidentaceae	1	88	Primulaceae	3	132	Dryopteridaceae	3
41	Garryaceae	1	89	Ranunculaceae	11	133	Equisetaceae	1
42	Gentianaceae	2	90	Resedaceae	1	134	Polypodiaceae	7
43	Geraniaceae	4	91	Rhamnaceae	4	135	Pteridaceae	15
44	Grossulariaceae	1	92	Rosaceae	18	16	Selaginellaceae	2
45	Hydrocharitaceae	1	93	Rubiaceae	13	137	Thelypteridaceae	3
46	Hydrophyllaceae	1	94	Rutaceae	1	138	Woodsiaceae	4
47	Hypericaceae	2	95	Salicaceae	3			

Tabla 3. Especies exóticas encontradas en el SNIB en El Cerro Zamorano RTP-100

ID	Familia	Especie	Condición del Taxón	ID	Familia	Especie	Condición del Taxón
Grupo Biológico: Aves							
1	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Exótica-Invasora	3	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Exótica-Invasora
2	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Exótica-Invasora				
Grupo Biológico: Plantas							
4	Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i>	Exótica-Invasora	28	Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Exótica
5	Apocynaceae	<i>Vinca major</i>	Exótica	29	Poaceae-Gramínea	<i>Avena fatua</i>	Exótica
6	Araceae	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Exótica-Invasora	30	Poaceae-Gramínea	<i>Avena sativa</i>	Exótica
7	Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i>	Exótica-Invasora	31	Poaceae-Gramínea	<i>Cenchrus clandestinus</i>	Exótica-Invasora
8	Asteraceae-Compositae	<i>Pseudognaphalium luteoalbum</i>	Exótica-Invasora	32	Poaceae-Gramínea	<i>Eleusine multiflora</i>	Exótica-Invasora
9	Asteraceae-Compositae	<i>Senecio inaequidens</i>	Exótica-Invasora	33	Poaceae-Gramínea	<i>Eragrostis barrelieri</i>	Exótica
10	Asteraceae-Compositae	<i>Senecio vulgaris</i>	Exótica	34	Poaceae-Gramínea	<i>Eragrostis curvula</i>	Exótica-Invasora
11	Asteraceae-Compositae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Exótica	35	Poaceae-Gramínea	<i>Melinis repens</i>	Exótica-Invasora
12	Asteraceae-Compositae	<i>Taraxacum officinale</i>	Exótica	36	Poaceae-Gramínea	<i>Poa annua</i>	Exótica
13	Brassicaceae-Cruciferae	<i>Brassica campestris</i>	Exótica	37	Poaceae-Gramínea	<i>Polypogon viridis</i>	Exótica
14	Brassicaceae-Cruciferae	<i>Brassica rapa</i>	Exótica	38	Poaceae-Gramínea	<i>Tragus berteronianus</i>	Exótica
15	Brassicaceae-Cruciferae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Exótica	39	Poaceae-Gramínea	<i>Vulpia myuros</i>	Exótica
16	Brassicaceae-Cruciferae	<i>Eruca vesicaria</i>	Exótica	40	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Exótica-Invasora
17	Brassicaceae-Cruciferae	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	Exótica	41	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Exótica
18	Caryophyllaceae	<i>Scleranthus annuus</i>	Exótica	42	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	Exótica
19	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	Exótica	43	Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	Exótica
20	Convolvulaceae	<i>Dichondra repens</i>	Exótica	44	Resedaceae	<i>Reseda luteola</i>	Exótica-Invasora
21	Crassulaceae	<i>Kalanchoe x houghtonii</i>	Exótica	45	Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i>	Exótica
22	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>	Exótica	46	Rosaceae	<i>Malus sylvestris</i>	Exótica
23	Fabaceae-Leguminosae	<i>Vicia faba</i>	Exótica	47	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Exótica
24	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Exótica-Invasora	48	Solanaceae	<i>Datura candida</i>	Exótica
25	Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i>	Exótica	49	Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Exótica
26	Lamiaceae-Labiatae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	Exótica-Invasora	50	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum majus</i>	Exótica
27	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Criptogénica ¹				

¹ Una especie criptogénica es aquella cuyo origen y distribución original permanece desconocido, por lo que no se puede afirmar si es nativa o exótica (N. del. E.)

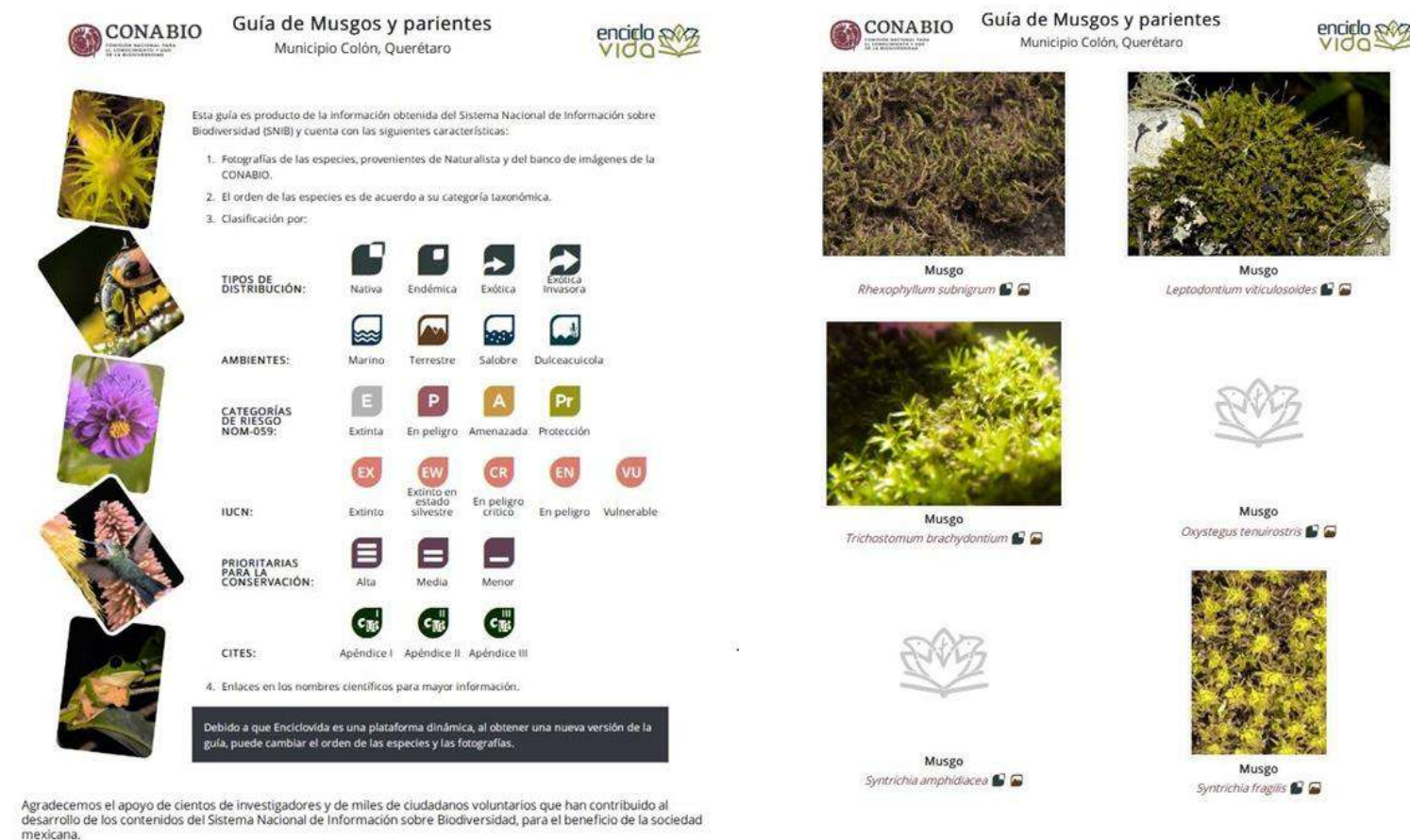


Figura 5. Guía de especies de Briofitas del Municipio de Colón, usando la opción de “herramienta avanzada por región” de www.enciclovida.mx.

Nótese que de *Oxystegus tenuirostris* y *Syntrichia amphidiacea* aún no cuentan con una imagen ilustrativa, pues no las hay en el banco de imágenes de la CONABIO. Por otro lado, los iconos de tipo de distribución y ambiente sí aparecen para cada especie, mientras que sus categorías de riesgo no han sido evaluadas. Por lo que cualquier dato que se pueda incorporar en las bases de la CONABIO conduce a su curación, logrando actualizar en tiempo real el contenido de las publicaciones, descargas y mapas, no solo de la guía ilustrada de campo (Fig. 5), y presentando una ventaja sobre los materiales impresos, que se tornan anacrónicos en poco tiempo.

En El Cerro Zamorano existen endémicas y cuasiendémicas. Se tiene *Arracacia macvaughii* que

llega a los 3000 m s.n.m. en el bosque de *Abies* en Tierra blanca, y *Cirsium zamoranense* (Compositae-Asteraceae) a los 3200 m de elevación; entre los años 1999 y 2012 algunos de los nombres curados de las especies fueron asignados a diferentes taxa (Tabla 4). Otras especies que llaman la atención, es *Sedum pacense* colectado al este de San Luis de la Paz, del que existen sólo materiales tipo sin más ejemplares herborizados; aun así, en la red www.INaturalistMX.org hay 61 observaciones incluyendo el estado de San Luis Potosí. Hace 10 años se incorporó a esta lista de endémicos *Salvia zamoranensis*, de la parte alta del Cerro Zamorano en Querétaro, a la fecha con registros de herbario de Guanajuato y Puebla.

Tabla 4. Especies endémicas y cuasiendémicas en El Cerro Zamorano; distribución estatal y categorías de riesgo.

Familia	Género-especie	Gómez Sánchez, 1999	Gómez Sánchez 2012; Zamudio Ruiz, 2012	Distribución Estatal SNIB-SCAT	Nombre en uso actual (válido) SNIB-SCAT	Categoría LR UICN/NO M-59 /CITES
Unbelliferae-Apiaceae	<i>Arracacia macvaughii</i>	✓	✓	Gto., Jal., Mich. & Qro.	<i>Arracacia mcvaughii</i>	NE
Compositae-Asteraceae	<i>Baccharis zamoranensis</i>	✓	✓	Gto., Qro.	<i>Baccharis zamoranensis</i>	NE
Compositae-Asteraceae	<i>Cirsium zamoranense</i>	✓	✓	Gto., Qro.	<i>Cirsium zamoranense</i>	NE
Gentianiaceae	<i>Geniostemon atarjanum</i>		<i>Geniostemon coulteri</i>	Gto., Hgo., Qro.	<i>Geniostemon coulteri</i>	NE
Cactaceae	<i>Glandulicactus crassihamathus</i>		✓	Gto., Qro., SLP	<i>Ferocactus mathssonii</i>	NE/A/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria droegeana</i>	✓	<i>Mammillaria microhelia</i>	Qro.	<i>Mammillaria microhelia</i>	NE/Pr/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria durispina</i>	✓	<i>Mammillaria polythele</i>	Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro.	<i>Mammillaria polythele</i>	LC/ND/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria kelleriana</i>		<i>Mammillaria kelleriana</i>	Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro.	<i>Mammillaria polythele</i>	LC/ND/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria microhelia</i>	✓	✓	Qro.	<i>Mammillaria microhelia</i>	EN/Pr/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria ocotillensis</i>		✓	Gto., Jal., Qro., SLP	<i>Mammillaria gigantea</i>	DD/ND/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria petterssonii</i>		✓	Ags., Dgo., Gto., Jal., Qro., SLP, Zac.)	<i>Mammillaria petterssonii</i>	LC/ND/C-II
Cactaceae	<i>Mammillaria polythele</i>		✓	Gto., Hgo., Jal., Mich., Qro.	<i>Mammillaria polythele</i>	LC/ND/C-II
Portulacaceae	<i>Portulaca guanajuatensis</i>		✓	Gto., Qro., SLP	<i>Portulaca guanajuatensis</i>	NE
Verbenaceae	<i>Priva ibugana</i>		✓	Ags., Gto., Qro., Zac.	<i>Priva ibugana</i>	NE
Rosaceae	<i>Rubus macvaughianus</i>	✓	✓	Gto., NL, Qro.	<i>Rubus macvaughianus</i>	NE
Lamiaceae-Labiatae	<i>Salvia zamoranensis</i>			Gto., Pue., Qro.	<i>Salvia zamoranensis</i> *	NE
Crassulaceae	<i>Sedum pacense</i>		✓	Gto.	<i>Sedum pacense</i>	NE
Iridaceae	<i>Sisyrinchium platyphyllum</i>	✓	✓	Col., Jal., Zac.	<i>Sisyrinchium platyphyllum</i>	NE
Acanthaceae	<i>Tetramerium carranzae</i>		✓	Gto., Qro., SLP	<i>Tetramerium carranzae</i>	NE
Caprifoliaceae	<i>Valeriana zamoranensis</i>	✓	✓	Gto., Qro.	<i>Valeriana zamoranensis</i>	NE
Melanthiaceae	<i>Zigadenus neglectus</i>		✓	Gto., Mex., Qro., SLP	<i>Anticlea neglecta</i>	NE

Con lo observado, se evidencia que los estudios florísticos siguen siendo fundamentales. Para aprovechar las herramientas disponibles y sistematización de datos, es necesario integrar los

primeramente al SNIB-SCat de la CONABIO. Pongamos el caso de un análisis de la ubicación de 20 especies de encino (Figura 6). En la imagen se muestra la abundancia de registros de la especie *Quercus castanea* (2) que cuenta con 131 registros, en contraste con *Q. fulva* (9) que hay solo uno en el Cerro Zamorano, encino que sin duda está en algunos repositorios como se aprecia en el mapa satelital de México para *Q. fulva*. En la misma situación en el Cerro Zamorano están *Q. crassipes*, *Q. deserticola*, *Q. dumosa* y *Q. martinezii*. En la figura pixelada, se muestra la necesidad de restauración de la región Este

del Cerro Zamorano. Estudios o datos ecológicos en proceso en el Zamorano podrían integrarse a las bases de la CONABIO, para su análisis geoespacial en la plataforma del Sistema Nacional de Información para la Restauración Ambiental (SNIRA)², enfocada a los sitios actuales e históricos de trabajos y proyectos de restauración incluyendo a comunidades rurales e indígenas de México. En ella se pueden manejar datos de campo y responder a las preguntas ¿Qué hay que conservar en el Cerro El Zamorano y dónde? ¿Para quién? ¿por quién?

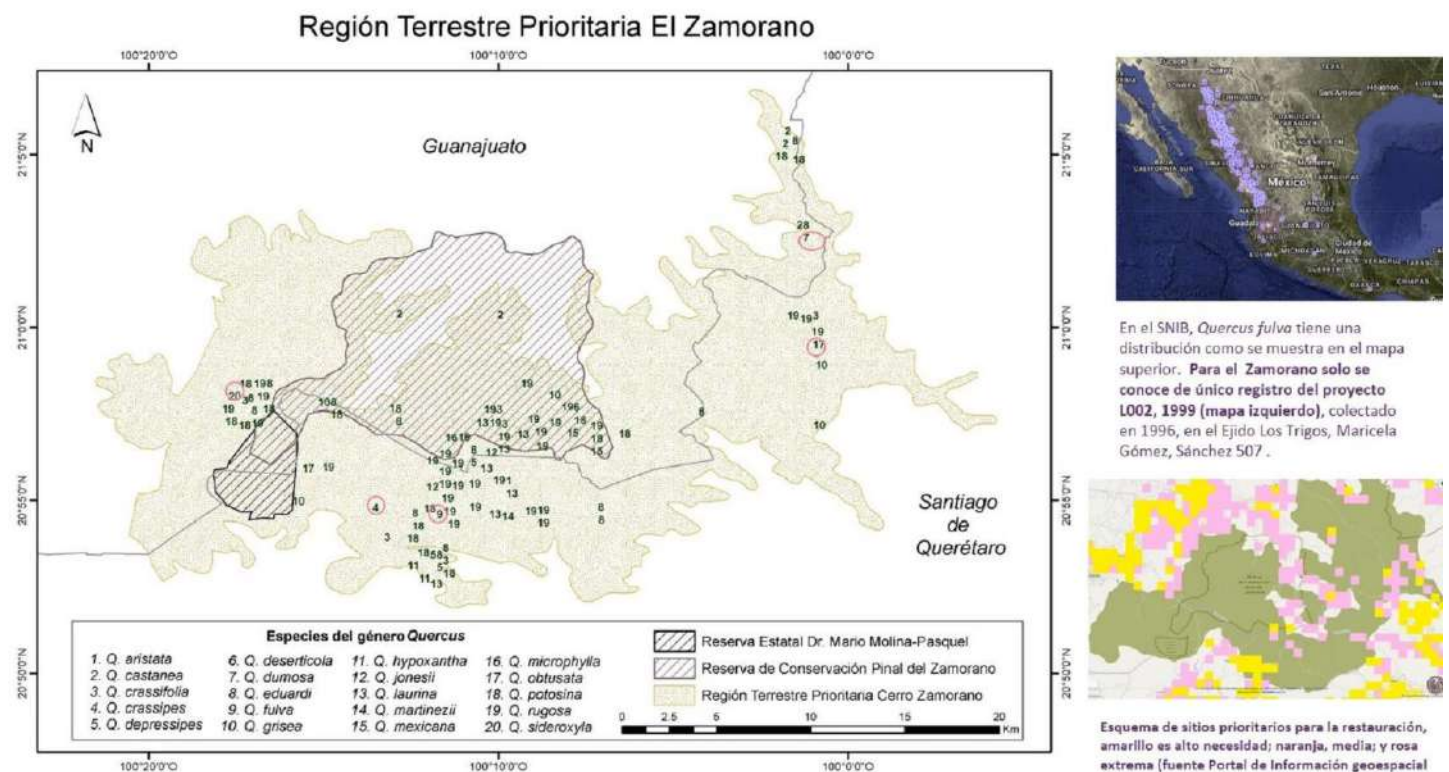


Figura 6. Especies de *Quercus* y su potencial para ser incorporados a los datos la plataforma SNIRA.

Así como se visualizaron los datos de los encinos de la Figura 6, se hicieron ensayos con géneros de geofitas como las Iridaceae y las suculentas, donde lo diverso resaltó a partir del pie de monte del Cerro Zamorano, se observó que posibles prácticas agrícolas, proliferación de *Agave* y especies exóticas aumentaban la vulnerabilidad de los géneros como *Sisyrinchium* y *Sedum* reduciendo su hábitat.

Pese a que ya existe una muy buena cantidad de datos en el SNIB-SCat, se hace notar que muchos de los registros están a lados de senderos, caminos, veredas y carreteras (Figura 7), dando la advertencia en donde se conoce menos y donde tiende predominar la vegetación secundaria.

El cerro Zamorano no se excluye de catástrofes, quemas y/o incendios forestales. En 1998

2 www.snira.conabio.gob.mx y www.biodiversidad.gob.mx/pais/snira

en México, la CONAFOR registró aproximadamente 14000 incendios forestales en la temporada de sequía. Como respuesta a esto, la CONABIO construyó la plataforma de puntos de calor, Sistema de Alerta Temprana de Incendios Forestales (SATIF) con aplicaciones del sensor MODIS, un monitoreo del territorio nacional. Está disponible todo el año y en éste es posible consultar los puntos de calor que hay

en México y otros países centroamericanos; la información se actualiza en tiempo real, al menos 3 veces al día. Otro aspecto muy valioso es la consulta de datos históricos, donde se pueden visualizar la cantidad de incendios y su frecuencia a través de los años (véase <http://incendios-beta.conabio.gob.mx/>).

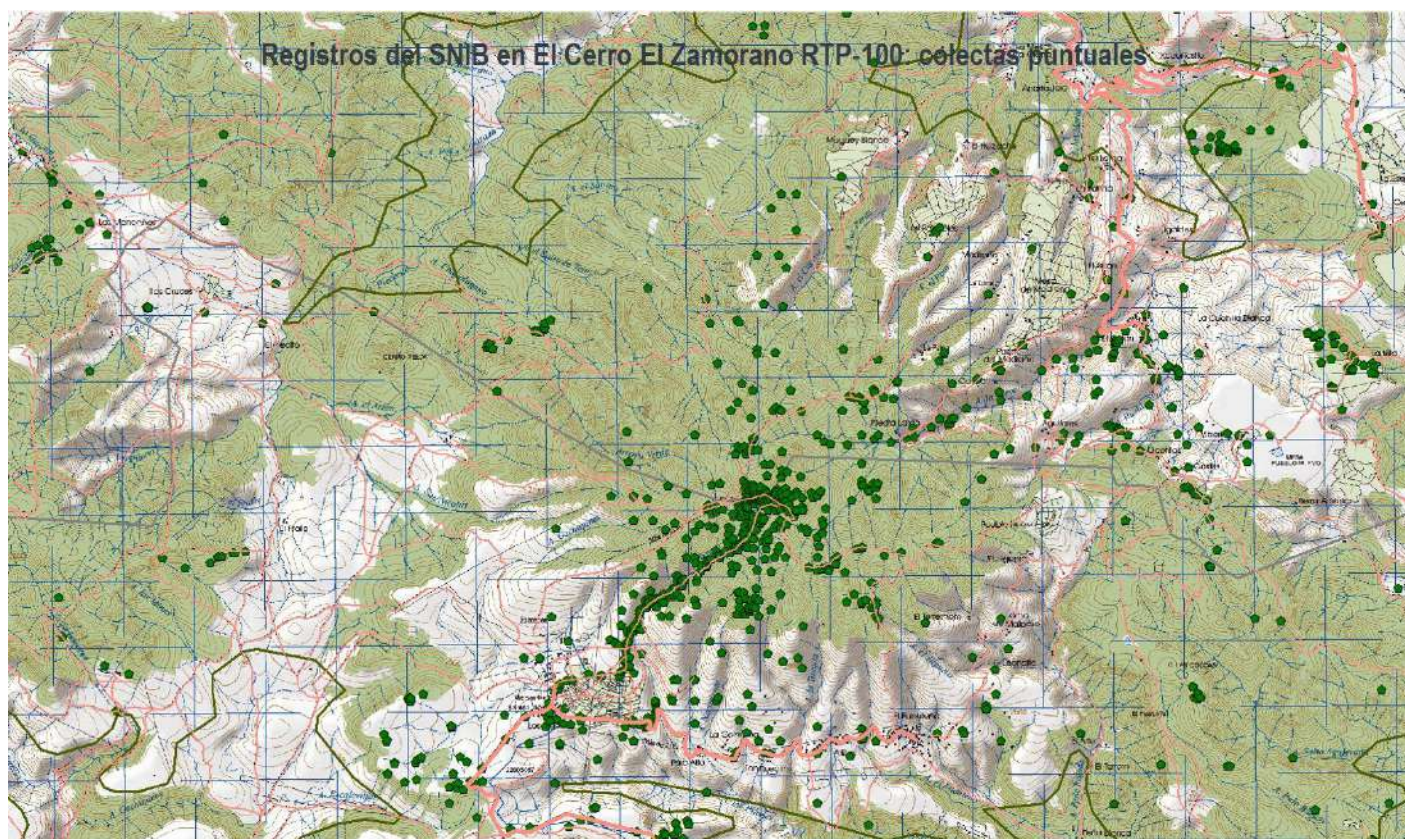


Figura 7. Registros puntuales y efecto de vías de comunicación

Conclusión

En lo que refiere a especies presentes, se puede generar un listado anotado completo de taxa, que se actualiza en tiempo real. En este, a solicitud del usuario, se incluyen las sinonimias de los nombres usados en estudios anteriores, acompañado de descriptores, usos, nombres comunes ambientes y categorías de riesgo de las especies. Se puede elaboración guías actualizadas atractivas, económicas para el senderismo, por región estado, municipio y Áreas Naturales Protegidas (ANPs). Se refuerza la necesidad de estudios de briofitas para un inventario

más completo, y de ser posible su nicho ecológico; pese a que son plantas muy pequeñas, se trata de especies indicadoras de elementos como agua, calidad del aire, minerales y componentes de suelo o sustratos específicos. Asimismo, detectar especies clave no evaluadas como geofitas, endémicas, y escasas, por ejemplo, *Alnus jorulensis* presente a elevaciones mayores y aquellas que se conocen de una sola colecta desde el primer inventario en 1999, con el propósito de reducir la presión sobre la reducción de sus poblaciones.

En lo que se refiere a la distribución de especies y cambios de la vegetación, dependiendo de la cantidad de registros, su precisión y contenido de datos, las herramientas disponibles en la CONABIO son útiles para analizar el estado actual de salud y fragmentación de zonas núcleo y especies vulnerables, particularmente en las zonas boscosas de mayor elevación, donde las herbáceas y plantas nodrizas migran a hábitats más frescos debido al actual aumento de temperatura del planeta.

En los aspectos antropogénicos se registró que continúan presentes las prácticas ganaderas, agrícolas, extracción de leña, senderismo con cierto grado de manejo y reducción de arbolado en las áreas boscosas y consecuente aumento en la vegetación secundaria. El manejo de las especies vegetales es importante para mantener la recarga de servicios acuíferos, poblaciones de plantas, animales y hongos y mantenimiento de germoplasma que posea el área. En la plataforma SNIRA, actualmente tiene 647 proyectos en diferente nivel de investigación, se invita al registro de datos y sitios que la hagan robusta, sustentable, y los productos de la herramienta espacial en progreso serán fuente de información al servicio de conservación y uso de la biodiversidad y calidad de vida de las comunidades locales. Para el cerro Zamorano, en los datos actuales del SNIB no hay estudios incorporados que puedan ser usados en el SNIRA; en la cartografía temática del Geoportal CONABIO, se visualizan sitios que requieren media, alta y extrema restauración, donde hay trabajo que hacer para mejorar el conocimiento y conservación sustentable, biológica y biocultural del Zamorano.

Referencias bibliográficas

- Argüelles, E., Fernández Nava, R. y Zamudio, S. (1991). *Listado florístico preliminar del estado de Querétaro*. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario ii. Centro Regional del Bajío-Inecol, Pátzcuaro.
- Arreguín-Sánchez, M. L. y Fernández Nava, R. (2025). Pteridofitas: licopodios, colas de caballo y helechos. En: *La biodiversidad en Querétaro. Estudio de Estado*. Vol. ii. CONABIO/FFB, México, pp. 145-152.
- Arriaga Cabrera, L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zuñiga, C., Martínez Romero, E., Gómez-Mendoza, L. y Loa Loza, E. (coordinadores). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México.
- Decreto Gubernativo Número 161, Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, número 45, segunda parte, Guanajuato, del 06 de junio del año 2000. (Consulta efectuada el 21 julio de 2025)
- Gómez Sánchez, M. (1997). *Flora Vascular del cerro Zamorano*. Facultad de Ciencias Naturales, México, Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Bases de datos snib-conabio. Proyecto No. L002. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=L&Numero=2>.
- Gómez Sánchez, M. (2012). "Vegetación y flora vascular del Zamorano: una aproximación" en *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. II*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE), <https://doi.org/10.5962/bhl.title.118977>
- Herrera-Paniagua, P., Delgadillo M., C., Villaseñor, J. L. y Luna-Vega, I. (2008). Floristics and biogeography of the mosses of the state of Querétaro, Mexico. *The Bryologist* 111(1):41-56.
- Herrera-Paniagua, P., Martínez, M., Hernández-Sandoval, L. y García-Franco, J. (2017). Epiphytic mosses in the Humid Mountain Forest of the Sierra Madre Oriental, Mexico, species richness, rarity and composition. *Cryptogamie Bryologie* 38(2):171-190.
- Herrera-Paniagua, P. (2025). Conocimiento actual de los musgos. En: *La biodiversidad en Querétaro. Estudio de Estado*. Vol. ii. CONABIO/FFB, México, pp. 113-120.
- Herrera-Paniagua, P. y Martínez, M. (2014). Musgos de bosques húmedos de montaña en la Sierra Madre Oriental: nuevos registros regionales. *Botanical Sciences* 92 (1): 81-88.
- La Sombra de Arteaga, tomo 136, Periódico oficial del Gobierno del estado Libre y soberano de Querétaro Arteaga, número 6, Santiago de Querétaro, Qro., 7 de Feb. 2003. (Consulta efectuada el 21 julio 2025).
- LGEEPA (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, [LGEEPA], DOF 28 de febrero de 1988, México, última modificación DOF 01-04-2024.
- Rzedowski, J. Bedolla García, B. Y., (2021). Catálogo de Especies de plantas vasculares registradas del estado de Querétaro. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, fascículo complementario XXXVII. 173 pp
- Zamudio R. S., Rzedowski, J., Carranza G. E., Calderón de R. (1992). *La Vegetación en el Estado de Querétaro, Panorama Preliminar*. Instituto de Ecología, A. C; Centro Regional del Bajío/CONCYTEQ.

Enlaces CONABIO

www.encyclovida.mx
www.Geoportal.mx
<https://snira.conabio.gob.mx/home>
www.biodiversidad.mx
<http://incendios.conabio.gob.mx/#servext@conabio.gob.mx>
catalogos@conabio.gob.mx
<https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/monitoreo-biodiversidad/> *
https://www.youtube.com/watch?v=GOY89uHpGGA&ab_channel=BiodiversidadMexicana
* > 1800 sitios de monitoreo en todo México (CONAFOR, CONANP, Sociedad Civil), CONABIO, INECOL entre otras más.

Conservación de encinos y sus ecosistemas: una vista al cerro El Zamorano

Maricela Rodríguez Acosta*, Amy Byrne y Silvia Alvarez-Clare
Global Conservation Consortium Oak. The Morton Arboretum.

*maricelarac@gmail.com

Resumen

Los árboles y arbustos del género *Quercus*, conocidos como encinos o robles, incluyen 400 a 500 especies que representan uno de los grupos de plantas leñosas más importantes en el mundo. México es un país de encinos, con 168 especies, y junto con Centroamérica comprenden la región con la mayor riqueza específica de este género en el planeta. A pesar de su riqueza e importancia en México, los encinos son poco apreciados y sus bosques han sido fuertemente deforestados en todo el país. El cerro El Zamorano es el más alto del estado de Querétaro, (3340 msnm), comprende un área que debe protegerse porque además de la gran diversidad de encinos que alberga, su bosque está relacionado con gran variedad de beneficios ambientales. El Consorcio Global para la Conservación de Encinos (GCCO), liderado por Morton Arboretum se ha enfocado en la conservación de las especies prioritarias de este género a nivel mundial, y ha creado una estrategia de trabajo adecuada para cada región, considerando riqueza de especies, deterioro de hábitat y valores culturales. El Consorcio convoca a realizar más investigación en el cerro El Zamorano, para entenderlo, manejarlo y conservarlo dada su gran importancia ecológica en la región.

Palabras clave: Encinos, conservación, GCCO, cerro Zamorano

Abstract

The trees and shrubs of the genus *Quercus*, known as oaks, include 400-500 species and are one of the most important groups of woody plants in the world. Mexico is a country of oaks, the richest in the world, with 168 species. Along with Central America, it holds the greatest diversity of oak species in the world. Despite their richness, oaks are under appreciated and their forests have been heavily deforested. In the state of Querétaro, El Zamorano Hill (3,340 m), represents the highest mountain in the state, and is dominated by temperate oak forests, which must be conserved as they constitute one of the most important centers of regional diversity. The Global Oak Conservation Consortium (GCCO), led by The Morton Arboretum, has focused its efforts on the conservation of priority oak species worldwide and has developed a work strategy tailored to each region, considering its species richness, habitat deterioration, and cultural values for ecosystem conservation. The Consortium has called for more research work in the El Zamorano hill area to provide greater insight into the understanding, conservation, and management of this forest in this ecologically important location for the state.

Keywords: Oaks, conservation, GCCO, cerro Zamorano

Introducción

Los árboles y arbustos del género *Quercus*, conocidos más comúnmente como encinos o robles, comprenden entre 400 y 500 especies, y son uno de los grupos de plantas leñosas de mayor importancia ecológica y económica en el mundo (Valencia 2010, 2004). El hecho de que estén únicamente representados en el hemisferio norte, con solo una especie creciendo en el norte de Colombia como su representante más austral, refleja que su historia evolutiva está relacionada principalmente a esta parte del mundo y le confiere un carácter enigmático al surgir la interrogante del porqué de esta distribución.

Los encinos tienen dos características particulares importantes, en cuyo estudio se centran gran parte de los esfuerzos de investigación. La primera es el carácter recalcitrante de sus semillas, con la cual pierden viabilidad conforme pierden la humedad, haciendo imposible conservarlas funcionales a largo plazo en bancos de semillas, y la segunda es, su gran capacidad de hibridación, radiación y adaptación a diferentes hábitats (Rodríguez-Acosta, *et al.* 2020), lo que las convierte en un verdadero rompecabezas para los taxónomos que se dedican a su clasificación e identificación.

Es por esto que The Botanic Garden Conservation International (BGCI) creó el Consorcio Global para la Conservación del Encino (GCCO). (<https://www.bgci.org/our-work/networks/global-conservation-consortia-gcc/>). Su objetivo principal es abordar especies amenazadas de este grupo de plantas tan importantes del mundo. El Consorcio Global para la Conservación del Encino, liderado por The Morton Arboretum, ha realizado sus proyectos de conservación en las cuatro regiones más diversas del mundo: México y Centroamérica, Asia, Estados Unidos, Europa y Norte de África, creando una estrategia de trabajo adecuada para cada una de ellas.

En esta región donde la abundancia existe, el encino ha sido subvalorado durante siglos, se ha minimizado la importancia de los servicios ecosistémicos que proveen estos árboles y arbustos, y sus poblaciones han sido disminuidas en gran medida. Se estima que en México se ha perdido más del 50% de los bosques templados con mayor diversidad de encinos (INEGI 2018, 2003). Aún con lo anterior,

México es el país con mayor número de especies, y es donde se encuentra el centro de diversificación más grande del mundo, debido principalmente a su gran heterogeneidad medioambiental, donde las especies se han adaptado a una gran diversidad de hábitats, desde cerca del nivel del mar, hasta los 3300 msnm. En consecuencia, la conservación de los bosques con encinos es fundamental para garantizar todos los beneficios ecosistémicos relacionados y la continuación de los procesos evolutivos que han conducido a la presencia tan significativa en México, de este género resiliente que es clave para la sinergia de gran variedad de ecosistemas y para la continuación del árbol de la vida, como su historia evolutiva lo demuestra.

En este artículo se describe la diversidad de *Quercus* conocida en el cerro El Zamorano y se incluyen algunas recomendaciones para lograr la conservación del paisaje y el uso sustentable del mismo.

Desarrollo

Actualmente se está trabajando en tres líneas fundamentales por parte del Consorcio Global para la Conservación del Encino, focalizadas en acciones que coadyuvan a lograr la conservación y el manejo sustentable en el cerro El Zamorano.

1. Trabajo del GCCO en la Región México y América Central. En México, la ciencia reconoce 168 especies de robles, y aún quedan más por describir. Es necesario que las que faltan se reconozcan y se evalúe su estatus de conservación. ¿Cómo podemos proteger las especies prioritarias antes de que se pierdan más bosques?, el género *Quercus* incluye grupos de especies que aún representan gran complejidad taxonómica para su total identificación, su naturaleza es complicada, pero es necesaria su comprensión para conservarlos en sus bosques. Aquí es donde entra en acción el GCCO, que además de impulsar el incremento en la investigación sobre su hábitat y las especies amenazadas, fomenta el entrenamiento de los interesados y propietarios en las comunidades con encinos, para abordar el manejo y conservación de estos bosques. El Programa de Capacitación de Guardianes de Especies en México tiene como finalidad la colaboración muy bien informada y, la

transmisión y difusión de los resultados científicos a los diferentes sectores de la población (<https://www.bgci.org/news-events/nuevo-modulo-en-espanol-disponible-programa-de-capacitacion-para-los-guardianes-de-los-encinos/>).

Este programa de capacitación ha sido posible gracias a la participación colaborativa de los profesionales de los encinos, que de diferentes maneras han contribuido y participado en las actividades programadas, a las cuales se pueden integrar los interesados a nivel de gobierno y organizaciones en la conservación de su hábitat en el cerro El Zamorano.

2. *Situación de los Bosques de encino en México.* México es uno de los países más ricos en biodiversidad y forma parte del Hotspot de Biodiversidad de Mesoamérica que incluye todos los ecosistemas tropicales y subtropicales desde el centro de México hasta el Canal de Panamá. Además de lo anterior, otra de las razones principales por las que México es tan rico en encinos, es por su variada y complicada orografía que incluye todos los

ecosistemas desde costeros hasta alpinos, largas y altas crestas que atraviesan todo el territorio hasta Centroamérica, dando lugar a una gran heterogeneidad medioambiental. Las montañas están cubiertas de densos bosques dominados por pinos, pero también una porción importante de ellos está dominada por bosques de pino-encino, encino-pino o solo encinos. En el bosque húmedo tropical los encinos son reconocidos como uno de los elementos dominantes, pero su presencia también se extiende a los matorrales xerófilos, dándoles una gran relevancia (Challenger, A. y Soberón, J. 2008, Nixon 2006).

México es un país con cerca de 2'000,000 de Km², de los cuales se estima que 462,225 estaban cubiertos de los bosques templados que se mencionan en la tabla 1 (INEGI, 2003), para 2018 la cobertura de estos bosques se ha reducido a 202,736 Km², lo que significa una reducción de cerca del 56% (259,488 Km²) del hábitat que ha ostentado la mayor diversidad de especies de *Quercus* con respecto al valor inicial de la estimación de vegetación primaria del INEGI (2003).

Tabla 1. Cobertura de los bosques templados con mayor diversidad de encinos (INEGI 2018, 2003).

Ecosistema	Vegetación primaria (Km2)	Serie VII (Km2)	Pérdida (Km2)	Pérdida (%)
Bosque de Encino (BQ)	165445.5914	64479.2751	100966.3163	61.02690041
Bosque de Encino-Pino (BQP)	56450.04353	29752.36847	26697.67507	47.2943392
Bosque Mesófilo (BM)	30882.78503	8168.901119	22713.88391	73.54869027
Bosque de Pino-Encino (BPQ)	106343.5801	51384.07906	54959.50102	51.6810709
Bosque de Pino (BP)	103103.3566	48952.02631	54151.33026	52.52140382
TOTAL	462225.3566	202736.6501	259488.7065	56.13900294

Estos datos nos indican que la reducción de los bosques templados con mayor diversidad de encinos desde antes de la alteración por la actividad humana, hasta el 2018, es de aproximadamente el 56%. Si se toma en cuenta que los encinos se pueden encontrar en otros tipos de hábitats como los bosques tropicales perennifolios y caducifolios, bosques secos, bosques espinosos, y en chaparral y matorral (Nixon 2006, Valencia 2010), el decremento de su presencia puede ser aún mayor. De cualquier modo, se puede ver que, de los tipos de vegetación presentes en la tabla 1, la disminución de los bosques con mayor diversidad de encinos ha ocurrido en promedio en un 57%. Un caso crítico es el del Bosque mesófilo de

montaña, del que se ha perdido más del 70%. Con excepción del bosque mesófilo, en el cerro El Zamorano predominan estos bosques templados, por lo tanto, a reserva de estudios particulares, puede estimarse una pérdida promedio de hábitat de cerca del 50% de acuerdo con estas referencias, lo cual resulta muy preocupante.

3. *La diversidad de encinos en el Cerro Zamorano.* El cerro El Zamorano, mayor elevación del estado de Querétaro, se sitúa a 40 Km en línea recta desde su ciudad capital. Su localización exacta es en las coordenadas 20° 56´ N y 100° 10´W. Es un estratovolcán que va desde los 1900 hasta los 3340 msnm, tiene topografía irregular, y es parte de la

porción centro septentrional del Cinturón Volcánico Mexicano (Carrasco-Núñez *et al.*, 1989). En esta montaña, considerada sagrada, se encuentra el matorral xerófilo en la parte baja, el bosque de encino en la parte media y el bosque de oyamel en la parte más alta, tiene cañadas y barrancos con una gran variedad de microclimas, que la hace muy heterogénea. De los 2300 a los 2700 msnm, se encuentran árboles de cerca de 8 m de altura, que forman poblaciones de especies como *Quercus eduardii*, *Q. grisea* y *Q. chihuahuensis*, y a mayores altitudes se encuentran otras como *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. crassipes*, con árboles que miden 10 m o más de alto, hasta llegar al bosque de *Abies* a partir de los 2800 m, donde alcanzan alturas de 20 a 30 m (Gómez Sánchez, M. 1997, Zamudio, S. *et al.*, 1992).

Para el estado de Querétaro se han registrado 31 especies de *Quercus* (Arguelles *et al.* 1991) de las cuales 20 están presentes en el cerro Zamorano (Figura 1). Cabe mencionar que el número de especies puede variar dependiendo del autor. Las especies *Q. laurina*, *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* son las más abundantes a las mayores altitudes, lo que coincide con lo encontrado en otras partes semejantes de las cadenas montañosas de México.

Existen interrogantes sobre la presencia de algunas especies en el cerro El Zamorano y en el estado de Querétaro de acuerdo con estos registros, lo cual se puede deber a la falta de curación de los especímenes registrados en la base de datos, y a que

el cerro se comparte con otro estado. Sin embargo, el Dr. Luciano Sabás (com. pers., 2025) recomienda, basado en su trabajo de campo, la verificación de especies como *Q. aristata*, *Q. chihuahuensis*, *Q. fulva*, *Q. hypoxantha* y *Q. martinezii* y la búsqueda de especies que si es muy probable estén presentes: *Q. affinis*, *Q. laeta*, *Q. repanda*, *Q. tinkhamii* y *Q. viminea*.

De las 20 especies de *Quercus* reportadas para el cerro El Zamorano ninguna tiene estatus de amenazada, sin embargo, su presencia permite las condiciones ambientales requeridas para albergar una biodiversidad relativamente alta. *Quercus laurina* es una de las especies que se distribuyen a mayores altitudes, tiene un fuste largo, poco ramificado, y su madera es muy resistente a la humedad, lo que lo hace muy apreciado por los habitantes locales. *Quercus rugosa* es una de las especies de amplia distribución, de las más resilientes y abundantes en todo el territorio mexicano, de la misma forma que *Q. crassifolia*, que, aunque menos abundante, es altamente productiva en bellotas que sirven como alimento a varias especies animales, ambas son una importante fuente de leña para los pobladores. La conservación de estas especies es fundamental, es necesario hacer notar que coexisten con el abeto (*Abies religiosa*), especie que además de su belleza singular, representa en el área de estudio una parte importante del corredor biológico de la mariposa monarca.

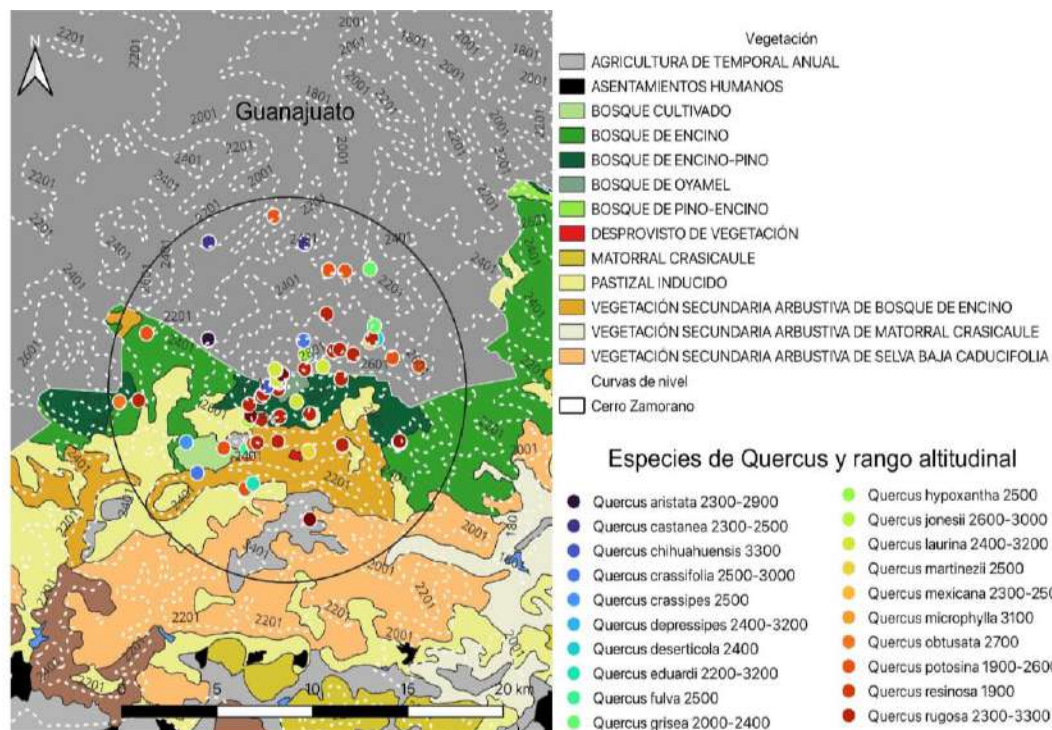


Figura 1. Posición geográfica de registros de especies de *Quercus* en el cerro El Zamorano. Parte del cerro corresponde al estado de Guanajuato (área gris). Lista de especies obtenida de la base de datos del SNIB (<https://www.snib.mx/ejemplares/descarga/>) consultada el día 17 de octubre del 2024 (Elab. Eladio Cesar Flores Huizil).

Acciones recomendadas a realizar en el manejo del cerro El Zamorano

El GCCO fue creado para constituir una red de colaboración de expertos en el tema de los encinos a nivel mundial. Desde su fundación hace 5 años, ha tenido entre sus objetivos la profundización en el conocimiento de las especies del género *Quercus* para su mejor entendimiento, y la capacitación en el manejo de su hábitat en México. En este sentido, en la región México y América Central, el GCCO ha enfatizado los estudios de distribución de las especies de *Quercus*, destacando aquellas que se consideran prioritarias por su restringida distribución o su estatus de conservación. Para aquellas zonas que no albergan especies amenazadas, evitar su deforestación y promover su restauración, son tareas fundamentales para conservar estos hábitats. De acuerdo con lo anterior, se han considerado dos acciones fundamentales que pueden ser aplicadas al cerro El Zamorano con relativa facilidad y economía: la capacitación de los guardianes de los encinos y la formación de meta colecciones, para tener la representatividad de cada una de las especies

prioritarias y para contribuir en general a la ubicación de las especies de *Quercus* en México.

La formación de recursos humanos para lograr un manejo sustentable de los encinares y otras comunidades con especies de encinos, es uno de los objetivos que el GCCO se ha propuesto para el entrenamiento de todas aquellas personas involucradas en el manejo de un hábitat determinado, ha creado una plataforma virtual que permite el acceso a todas las personas interesadas en capacitarse como “guardianes de los encinos”. Este módulo está diseñado para cursarse de acuerdo con la disponibilidad de los interesados, es gratuito y se puede acceder en esta página <https://www.bgci.org/news-events/nuevo-modulo-en-espanol-disponible-programa-de-capacitacion-para-los-guardianes-de-los-encinos/>

La segunda acción que el GCCO ha impulsado, está relacionada con la formación de meta colecciones que alberguen todas las especies prioritarias de encinos, con una buena representatividad genética, que permita garantizar la conservación *ex situ* de estos en jardines botánicos y parques, así como su complemento en las zonas *in*

situ donde se encuentran. El agrupamiento de estas colecciones permite el estudio individual de cada especie, con lo cual es posible contar con una mejor estrategia para la propagación de cada una de ellas y su cultivo. Estas colecciones *ex situ*, reforzadas con el conocimiento del hábitat de las especies *in situ*, coadyuvará en el establecimiento de colecciones que permitan garantizar su recuperación en caso de que las poblaciones naturales declinen. El monitoreo de la diversidad genética de las poblaciones de encinos en el cerro El Zamorano es de gran importancia para su conservación y manejo, sobre todo para la restauración en lugares que han sido totalmente deforestados.

Conclusiones

Los encinares son sin lugar a duda uno de los ecosistemas más valiosos de las zonas montañosas de México. El cerro El Zamorano es un buen ejemplo de sitios donde la riqueza de especies de este género es relativamente alta, representando una de las áreas potenciales de diversificación en el centro de México, con la relevancia ecológica y científica que ello representa.

Si bien, las 20 especies registradas en el área no se encuentran listadas en ninguna categoría de riesgo en la lista roja de la IUCN, es importante conocer el estado de conservación de sus poblaciones para posteriores evaluaciones. Su presencia en los bosques de la mayor elevación del estado de Querétaro es considerablemente significativa, y su conservación como reserva de biodiversidad vegetal es sumamente importante.

El Consorcio Global para la Conservación de Encinos (GCCO Mex. & Cen. Am.) es una red de colaboración integrada por profesionales y amateurs de los encinos con objetivos bien definidos, que permiten presentar opciones de diferentes categorías para lograr además del conocimiento de las poblaciones, la capacitación de los interesados en el manejo y conservación de las mismas, lo cual representa una buena oportunidad para la conservación de su hábitat en el cerro El Zamorano, por lo que se le invita a unirse al mismo.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer al Dr. Luciano Sabás del INEGI, por la revisión de este documento y sus comentarios que lo enriquecieron. Así también agradecemos a las Fundaciones Franklinia y Walder, los apoyos brindados a los proyectos de investigación y de conservación que nos han permitido incrementar nuestro conocimiento sobre los encinos.

Referencias

- Argüelles, E., R. Fernández y Zamudio, S. (1991). Listado Florístico Preliminar del Estado de Querétaro. *Flora del bajo y de Regiones Adyacentes*. Fasc. complementario II.
- Carrasco-Núñez, G., Milan, M. y Verma, S.P. (1989). Geología del volcán Zamorano, Edo. De Querétaro. Univ. Nal. Autón. México, *Inst. Geología. Rev.*, Vol. 8, num 2. 1989, p. 194-201
- Challenger, A., y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 87-108.
- Gómez Sánchez, M. (1997). Flora vascular del cerro El Zamorano. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L002. México, D.F.
- Global Conservation Consortia (BGCI-GCC). <https://www.bgci.org/our-work/networks/global-conservation-consortia-gcc/>. Consulta 30/03/2025
- INEGI. (2018). Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. <<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293246>> Consulta 21/01/2025
- INEGI. (2003). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Vegetación primaria. Escala 1: 1 000 000 (Nivel I y II). <<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293246>> Consulta 21/01/2025
- Nixon K.C. (2006). Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. In Kappelle M. Eds. *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests*, pp. 3-13, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Rodríguez-Acosta M. y Coombes, A. J. (Eds.). (2020). *Manual de propagación de Quercus: Una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central*. Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México
- Sabás Rosales, J.L., (2025). Comunicación personal.
- Valencia-A., S. (2010). Notes on the genus *Quercus* in Mexico. *International Oaks* 21: 100-120.
- Valencia, A.S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:33-53.
- Zamudio S., Rzedowski, J., Carranza G. E., y Calderón de Rzedowski, G. (1992). *La Vegetación en el estado de Querétaro*. Instituto de Ecología. CQNCYTEQ. Querétaro, México.

Vínculos de interés

Programa de capacitación para los guardianes de los encinos. (2024).

Modulo. <https://www.bgci.org/news-events/nuevo-modulo-en-espanol-disponible-programa-de-capacitacion-para-los-guardianes-de-los-encinos/>. BGCI-GCCO.

Conservación de la biodiversidad forestal dentro y fuera de las áreas protegidas

Enrique J. Jardel Peláez^{1*} y Eduardo Santana Castellón²

¹ Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara

² Museo de Ciencias Ambientales, Universidad de Guadalajara

* enrique.jardel@academicos.udg.mx

Resumen

Las áreas naturales protegidas son un instrumento fundamental para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales de los ecosistemas forestales. Sin embargo, la integridad de las unidades territoriales de conservación depende del manejo de la matriz del paisaje circundante, integrando los objetivos de conservación con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la restauración ecológica. Esto implica que la efectividad de la conservación requiere del diseño y aplicación de buenas prácticas de silvicultura, manejo del fuego, producción agrosilvopastoril y ordenamiento territorial, integradas sobre la base de mecanismos de gobernanza y colaboración interinstitucional. En este trabajo se discute su posible aplicación al caso del Zamorano.

Palabras clave: gestión ambiental intermunicipal, manejo forestal comunitario, reservas de la biosfera

Abstract

Natural protected areas are a fundamental tool for conserving biodiversity and maintain the environmental services provided by forest ecosystems. However, the integrity of parks and reserves depends on the management of the surrounding landscape, ensuring that conservation objectives align with the sustainable use of natural resources and ecological restoration. This requires the thoughtful design and implementation of good forestry, fire management, agroforestry, and land use planning practices, integrated through governance mechanisms and inter-institutional collaboration. This paper discusses their potential application to the Zamorano case.

Keywords: biosphere reserves, communal forestry, intermunicipal environmental management

Introducción

Cuando se habla de la conservación de los bosques, generalmente se piensa en la preservación de especies raras o amenazadas de animales silvestres y plantas vasculares, así como en la de sitios con notable belleza escénica o en la protección de las cabeceras de las cuencas que abastecen de agua a los centros de población, la industria y las tierras de cultivo agrícola. Pareciera que se trata solamente de conservar los remanentes de espacios naturales o no alterados por la acción humana, unas cuantas especies carismáticas, monumentos naturales y fuentes de agua.

Sin embargo, la tarea de la conservación es mucho más amplia. La existencia de diversidad biológica, esto es, de la variedad de organismos vivos, de especies y de las funciones que desempeñan en los ecosistemas y de la variación genética de sus poblaciones —que es la materia prima de la evolución—, es esencial para mantener los procesos ecosistémicos que son fundamentales para el sustento de la vida en la Tierra, la regulación del clima, de los ciclos de agua, carbono y nutrientes, así como el suministro de los recursos naturales que constituyen la base de toda actividad económica. Los seres humanos, como cualquier otro organismo vivo, dependemos de los procesos ecosistémicos.

Los ecosistemas forestales, que en sentido amplio comprenden a los bosques, selvas, matorrales y pastizales de zonas áridas o semiáridas¹, juegan un papel clave en los procesos de la biosfera, que es la capa de la Tierra donde existe y prospera la vida (Smil 2003). Constituyen el hábitat de más del 70% de la biodiversidad terrestre (Lindenmayer y Franklin 2002) y su conservación es esencial para la regulación del clima y los procesos ecohidrológicos, la protección de los suelos y las fuentes de agua en las cuencas hídricas, y el suministro de una gran variedad de recursos bióticos (alimentos derivados de plantas y hongos comestibles, madera y otras fibras vegetales, sustancias medicinales, resinas y látex, forrajes para el ganado y un largo etcétera). En estos ecosistemas se encuentran valores del patrimonio cultural asociados a la naturaleza y ofrecen también espacios para la recreación al aire libre, la inspiración

intelectual y el aprendizaje acerca de nuestro entorno ecológico (Perry *et al.* 2008).

En resumen, conservar implica mantener a largo plazo los componentes, patrones y procesos de los ecosistemas, aprovechar en forma duradera o sostenible recursos naturales y servicios ecosistémicos, y también restaurar o rehabilitar lugares que han sido degradados por factores antropogénicos.

La declaratoria legal de áreas protegidas es considerada como el principal instrumento de política pública para la conservación de la biodiversidad y los valores del patrimonio natural. Sin lugar a duda las áreas protegidas son esenciales, pero no son el único medio disponible para la conservación y de hecho son insuficientes para mantener a largo plazo la biodiversidad y los servicios ambientales de los ecosistemas. Una alta proporción de la riqueza biológica se encuentra en hábitats forestales fuera de los espacios legalmente protegidos y la integridad de éstos depende de las condiciones de la matriz del paisaje circundante, de la conectividad entre hábitats y de los usos y prácticas de manejo de la tierra y los recursos naturales (Lindenmayer *et al.* 2006). Todo esto es especialmente importante cuando se pretende proteger efectivamente espacios silvestres que se encuentran en medio de paisajes transformados y bajo las presiones de cambios de cobertura y uso del suelo, así como bajo los efectos del cambio climático, la alteración de los regímenes de incendios, la contaminación y otros factores.

En este trabajo se presentan algunos ejemplos de cómo el manejo de las tierras circundantes a las áreas naturales protegidas puede contribuir a la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas, discutiendo su posible aplicación al caso del Zamorano.

Áreas protegidas y manejo para uso múltiple

En México existen 232 áreas naturales protegidas federales gestionadas bajo distintas categorías de manejo (reservas de la biosfera, parques nacionales, áreas de protección de flora y fauna, áreas de

¹ Véase la definición de terrenos forestales en la legislación mexicana y de bosques "y otras coberturas forestales" en los documentos de la FAO.

protección de recursos naturales, monumentos naturales y santuarios de vida silvestre); la superficie terrestre protegida bajo alguna de estas modalidades asciende a 23.1 millones de hectáreas, equivalentes a 11.8% del territorio nacional (véase <https://sig.conanp.gob.mx/>). Además, existen parques o reservas estatales o municipales y áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC).

La gestión de las áreas protegidas en México tiene ciertas particularidades que obedecen al contexto social, la estructura de la tenencia de la tierra y la historia del manejo de los recursos naturales (Simonian 1999). Las condiciones varían regionalmente, pero entre 50 y 80% de la superficie forestal del país pertenece a comunidades indígenas y ejidos, esto es, a regímenes de propiedad agraria comunal; menos de 10% son terrenos nacionales y el resto son propiedades privadas, de manera que el establecimiento de áreas protegidas, aunque no modifica la tenencia de la tierra, si implica una limitación de dominio de la propiedad al establecer reglas de conservación en función del interés público. En consecuencia, la gestión de las áreas protegidas requiere de la colaboración y la concertación de las acciones de conservación entre las autoridades gubernamentales y los dueños o poseedores de terrenos forestales (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell 2009, Jardel-Peláez *et al.* 2022).

Desde los primeros parques nacionales establecidos en la década de 1930 (Wakild 2011), a las reservas de la biosfera de finales del siglo XX (Halffter 1984), la práctica de la conservación en áreas protegidas ha implicado la búsqueda de alternativas al modelo convencional, excluyente y conflictivo, de los parques nacionales norteamericanos o las reservas establecidas en países bajo dominio de los imperios coloniales (Jardel-Peláez *et al.* 2022). No hay aquí espacio suficiente para analizar los detalles de la historia de las áreas protegidas, pero el resultado es que en México 80% de la superficie decretada bajo alguna modalidad de protección legal corresponde a zonas de amortiguamiento o de uso múltiple de la tierra y los recursos naturales (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell 2009).

Siguiendo el modelo de reservas de la biosfera (Halffter 1984), en las distintas categorías de áreas

protegidas se ha aplicado una zonificación u ordenamiento del territorio, estableciendo zonas núcleo o áreas “intangibles” destinadas a la protección de la naturaleza en sentido estricto, rodeadas de zonas de amortiguamiento o uso múltiple en las que se busca integrar el aprovechamiento sostenible de recursos naturales en actividades forestales, agroforestales o silvopastoriles, agrícolas, pesqueras o turísticas con la conservación, complementadas con instrumentos de compensación económica (por ejemplo, pago por servicios ambientales hidrológicos y apoyo a proyectos productivos), asistencia técnica, y dotación de servicios públicos (Jardel-Peláez *et al.* 2022).

Conceptualmente, el manejo de las áreas protegidas mexicanas pretende la integración de la conservación de la naturaleza con el aprovechamiento sostenible de recursos naturales para el desarrollo económico. Como parte de este modelo, la investigación científica, la educación y el fortalecimiento de capacidades locales, así como el establecimiento de mecanismos institucionales de cogestión y resolución de conflictos, juegan un papel instrumental clave para el logro de los objetivos de las áreas protegidas.

Desde luego, la efectividad de esta modalidad de conservación ha sido variable en distintas áreas protegidas y lugares del país, dependiendo del contexto socioecológico; en muchos casos ha sido difícil superar los conflictos sociales, las presiones de intereses económicos sobre los recursos o los atavismos del manejo tecnoburocrático condicionado por una lógica de comando y control. Pero hay casos exitosos que muestran las posibilidades de integrar la conservación ecológica con actividades económicas sostenibles y la gestión del territorio. Uno de estos ejemplos es el de la gestión ambiental intermunicipal en la región de influencia de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM) en los estados de Jalisco y Colima.

Gestión ambiental intermunicipal

Una de las ideas centrales del concepto de reserva de la biosfera del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB, por sus siglas en inglés) de la UNESCO, es que éstas reservas son un ensayo experimental de la

integración de la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales que debe de trascender los límites de los espacios protegidos (Jardel-Peláez *et al.* 2022). Las reservas de la biosfera deben promover cambios en la gestión del ambiente y los recursos naturales en su región de influencia o zona de transición-cooperación.

Siguiendo el modelo de reservas de la biosfera, en la región circundante a la RBSM, se impulsó una propuesta de gestión ambiental colaborativa a través de la creación de Juntas Intermunicipales de Medio Ambiente (JIMA), la primera de las cuales fue la del río Ayuquila, la JIRA (Graf *et al.* 2006).

Con la figura de organismo público descentralizado (OPD), la JIRA es una asociación de 10 municipios que, con la colaboración de dependencias del sector medio ambiente y recursos naturales de los gobiernos federal y estatal, una universidad pública y organizaciones de la sociedad civil, desarrolla una agenda de gestión ambiental que incluye el ordenamiento ecológico del territorio, actividades de saneamiento y monitoreo de calidad del agua, manejo de residuos sólidos, educación ambiental y conservación de la biodiversidad en áreas protegidas y sistemas de producción agropecuaria y forestal.

La estrecha colaboración entre la JIRA, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco, y la Universidad de Guadalajara, ha fortalecido la conservación de la RBSM y otras áreas protegidas federales y estatales de la región, adoptando la propuesta de las “reservas archipiélago” de Halffter (2007). En la región circundante a las áreas protegidas se han emprendido proyectos agroforestales y silvopastoriles, de manejo forestal comunitario, protección contra incendios forestales y manejo del fuego, restauración ecológica y mitigación del cambio climático global en el marco de la iniciativa REDD+ (Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación forestal).

La JIRA y otras JIMAS, que actualmente cubren 90% de la superficie de Jalisco, funcionan como agencias regionales de gestión ambiental que prestan servicios técnicos al conjunto de los

municipios que las integran. Su órgano de gobierno es presidido rotativamente por los presidentes municipales y cuenta además con un representante con voz y voto de un Comité Ciudadano. Tienen personalidad jurídica y patrimonio propios y pueden gestionar financiamiento externo para complementar los fondos públicos; cuentan con competencias y facultades específicas y autónomas, y constituyen un espacio para la articulación de políticas públicas en el territorio.

Desde su formación como iniciativa intermunicipal hasta la constitución formal del OPD, la JIRA ha mantenido la continuidad de la gobernanza ambiental intermunicipal a través de ocho trienios en los cuales en los 10 municipios han gobernado distintos partidos políticos que, a pesar de sus diferencias, han trabajado juntos por una causa común (Jardel-Peláez *et al.* 2022).

El modelo de las JIMAS podría ser adaptado a la gestión del Zamorano y su región circundante, considerando desde luego el contexto socioecológico particular de esta área.

Manejo forestal comunitario

Otro ejemplo de cómo el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales contribuye a la conservación de los bosques y la biodiversidad, es la experiencia del manejo forestal comunitario. En este caso, el punto de partida no fue el establecimiento de áreas protegidas, sino la lucha emprendida por comunidades campesinas por recuperar el control de la tierra y la producción forestal frente a los dos instrumentos de la política forestal que predominaron durante el siglo pasado: las vedas al aprovechamiento forestal justificadas como un medio para la protección hidrológica y las concesiones de áreas de abastecimiento de madera a industrias privadas o paraestatales (Jardel-Peláez 1990). En ambos casos, se excluía a los pobladores de las tierras forestales del uso de los recursos. Comunidades indígenas con derechos ancestrales sobre territorios forestales, ejidos y campesinos solicitantes de tierras se movilaron en contra de vedas y concesiones, que fueron derogadas con un cambio en la orientación de la política forestal a finales de la década de 1970. Con el apoyo de organizaciones de la sociedad civil y

dependencias del sector forestal del gobierno, comunidades agrarias de Oaxaca, Durango, Michoacán, Quintana Roo y otros estados del país, comenzaron a desarrollar sus propias empresas forestales comunitarias (EFC) en la década de 1980.

En torno a la silvicultura como actividad económica generadora de empleos, ingresos y beneficios sociales para los pobladores de áreas boscosas y sus comunidades, se fue gestando un modelo exitoso de gestión de las tierras y recursos forestales (Alatorre 2000, Bray y Merino-Pérez 2004, Bray 2020). Se adoptaron prácticas de planeación comunitaria del territorio, sistemas silvícolas sostenibles, mecanismos de buena administración de negocios, de reinversión de las ganancias de la producción forestal en el desarrollo de las empresas comunitarias y se generaron beneficios públicos distribuidos de manera justa y equitativa, sobre la base de las organizaciones comunitarias.

Algunas comunidades y ejidos se asociaron para contar con unidades de servicios técnicos forestales y comercializar sus productos, así como para fortalecer su capacidad de negociación ante agentes externos. Como resultado, se han conservado extensas áreas de bosques y selvas; dentro de los territorios manejados por las EFC se establecieron explícitamente áreas destinadas a la protección hidrológica y la conservación de hábitats y biodiversidad. Complementariamente a la producción de madera se han desarrollado otros proyectos de aprovechamiento de recursos forestales no maderables, servicios ambientales y ecoturismo. Muchas de las EFC de México, como las de la Unión Zapoteco-Chinanteca (UZACHI) en Oaxaca o Nuevo San Juan Parangaricutiro en Michoacán, por citar un par de ejemplos, han obtenido la certificación de buenas prácticas de manejo forestal bajo principios, criterios y estándares internacionales (Bray 2020).

Las EFC son un ejemplo de cómo la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas puede integrarse con actividades productivas en la gestión del territorio a escala regional. Esto no quiere decir que no han enfrentado problemas de organización, conflictos internos, presiones de agentes externos o los efectos de fluctuaciones en el mercado de productos forestales, pero la fortaleza de las instituciones comunitarias ha permitido enfrentar

estas situaciones y mantener la continuidad de los proyectos.

Aunque en El Zamorano las condiciones ecológicas y sociales, así como los recursos potencialmente aprovechables son diferentes a las de regiones forestales de Oaxaca, Michoacán o Durango, la experiencia de la historia y organización de las EFC puede ser un ejemplo útil, adaptable a las condiciones locales.

Manejo de ecosistemas

Tanto la conservación de la biodiversidad y los valores del patrimonio natural, como el aprovechamiento duradero o sostenible de los recursos naturales, requieren de buenas prácticas de manejo basadas en el conocimiento y entendimiento de los patrones y procesos ecológicos, así como de la respuesta de los ecosistemas a las intervenciones humanas. Muchas de las áreas de interés para la conservación —y este es el caso de El Zamorano— se encuentran en medio de paisajes transformados por la acción humana y están lejos de ser espacios prístinos o con ausencia de influencia antropogénica. La historia y el contexto socioecológico de los lugares que se pretende conservar o, dado el caso, restaurar, deben ser tomados en cuenta. En muchos casos, se planean intervenciones de manejo basadas en nociones idealizadas de una naturaleza inmaculada y los resultados son contraproducentes.

Por ejemplo, la supresión de incendios en ecosistemas donde el fuego ha formado parte de su dinámica histórica, alteran sus patrones y procesos ecológicos, la estructura y composición de la vegetación, favorecen la acumulación de combustibles forestales y aumentan la vulnerabilidad de los bosques y tierras silvestres a incendios más intensos, con efectos más severos y resistentes a las acciones de control. Por esto es necesario transitar del enfoque convencional de protección contra incendios a la adopción de prácticas de manejo del fuego basadas en principios ecológicos (Jardel-Peláez *et al.* 2014).

En la restauración ecológica, generalmente se piensa en condiciones de referencia idealizadas o que supuestamente existieron en el pasado, lo cual conduce a realizar intervenciones de reforestación

que interrumpen procesos de regeneración natural y alteran la composición, estructura y dinámica del ecosistema. Nuevamente, hay que partir del conocimiento de la ecología y la historia de las áreas que se pretende restaurar para diseñar buenas prácticas de manejo, pensando no en volver al pasado, sino en la recuperación de ecosistemas viables y funcionales que puedan persistir en el futuro. En muchos casos, la rehabilitación productiva es una opción para recuperar lugares degradados y poder mantener a largo plazo sistemas bajo usos agrícolas, agrosilvopastoriles o forestales que provean servicios ecosistémicos y contribuyan a proteger y crear conectividad entre los espacios silvestres mejor conservados.

Consideraciones finales

La gestión ambiental intermunicipal en torno a áreas protegidas, los conceptos de reservas de la biosfera y reservas archipiélago, y la incorporación de objetivos de conservación ecológica en el manejo forestal comunitario, nos muestran la posibilidad de desarrollar propuestas alternativas para la gestión de áreas como El Zamorano. Desde luego, no se trata simplemente de copiar o transferir modelos que han sido relativamente exitosos en ciertos lugares y en condiciones socioecológicas particulares, sino de aprender de estos casos para diseñar nuevos proyectos adaptados al contexto de otros lugares y regiones. Las lecciones más importantes de la gestión ambiental intermunicipal y del manejo forestal comunitario son la construcción de una base institucional duradera y el establecimiento de formas de gobernanza del territorio basadas en la colaboración de múltiples actores.

Referencias bibliográficas

- Alatorre, F. G. (2000). *La construcción de una cultura gerencial democrática en las empresas forestales comunitarias*. Casa Juan Pablos.
- Bezaury-Creel, J. y Gutiérrez-Carbonell, D. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. En: R. Dirzo, R. González e I.J. March (Comp.) *Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, Pp. 385-431.
- Bray, D. B. (2020). *Mexico's community forest enterprises: Success on the commons and the seeds of a good Anthropocene*. The University of Arizona Press.
- Bray, D. B., y Merino-Pérez, L. (2004). *La experiencia de las comunidades forestales en México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Graf, S.H., Santana C. E., Martínez Rivera, L. M., García Ruvalcaba, S. y Llamas, J. J. (2006). Collaborative governance for sustainable water resources management: the experience of the Inter-municipal Initiative for the Integrated Management of the Ayuquila River Basin, Mexico. *Environment and Urbanization* 18, 2, 297-313.
- Halffter, G. (1984). Las reservas de la biosfera: conservación de la naturaleza para el hombre. *Acta Zoológica Mexicana* (ns) 5, 1-50.
- Halffter, G. (2007). Reservas archipiélago: Un nuevo tipo de área protegida. En: Halffter, G., Guevara, S., y Melic, A. (Eds). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. Sociedad Entomológica Aragonesa. Monografías Tercer Milenio, 6, 281-286.
- Jardel-Peláez, E. J. (1990). *El Control de la Tierra y la Producción Forestal*. En: Memorias del Segundo Taller de Análisis de Experiencias Forestales. ERA-SAED-Programa PASOS-FPH, 35-54.
- Jardel-Peláez, E.J., D. Pérez-Salicrup, E. Alvarado y J.E. Morfín-Ríos. (2014). Principios y criterios para el manejo del fuego en ecosistemas forestales: guía de campo. Comisión Nacional Forestal.
- Jardel-Peláez, E.J., E. Santana C., E. Ezcurra y S.H. Graf M. (2022). Gonzalo Halffter y la Modalidad Mexicana de las Reservas de la Biosfera: una perspectiva desde la Sierra de Manantlán. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 8, 3, 43-72.
- Lindenmayer, D. B. y Franklin, J. F. (2002). *Conserving forest biodiversity*. Island Press, Washington.
- Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., y Fischer, J. 2006. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation* 13 (1): 433-445.
- Perry, D.A., Oren, R., y Hart, S.C. (2008). *Forest ecosystems*. The Johns Hopkins University Press.
- Simonian, L. (1999). *La defensa de la tierra del jaguar*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Nacional de Ecología.
- Smil, V. (2003). *The Earth's biosphere: Evolution, dynamics, and change*. Mit Press.
- Wakild, E. 2011. *Revolutionary parks. Conservation, social justice, and Mexico's national parks 1910-1940*. The University of Arizona Press.

Apuntes preliminares para la conservación *ex situ* de la biodiversidad vegetal en El Zamorano

Beatriz Maruri Aguilar*, María Magdalena Hernández Martínez, Yazmín Hailen Ugalde de la Cruz,
José Antonio Aranda Pineda y Emiliano Sánchez Martínez
Jardín Botánico Regional de Cadereyta (Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro)
*bmaruri@concyteq.edu.mx

Resumen

Tomando como referencia el modelo de conservación vegetal del Jardín Botánico Regional de Cadereyta, y la teoría que subyace a sus componentes, se sugiere una adaptación para planear la conservación *ex situ* de la biodiversidad vegetal del complejo cerril El Zamorano. Estos apuntes consideran que esta montaña es también el cimiento de un socioecosistema donde la acción humana puede ser una influencia para la permanencia o degradación de la naturaleza.

Palabras clave: flora, vegetación, México, conservación, uso sustentable

Abstract

Based on the plant conservation model developed by the Cadereyta Regional Botanical Garden, and the theoretical framework underlying its components, an adaptation is proposed for planning the conservation of plant biodiversity in the El Zamorano hill complex. These notes consider that this mountain also serves as the foundation of a socio-ecosystem, where human activity can influence either the persistence or the degradation of nature.

Keywords: flora, vegetation, México, conservation, sustainable use

Introducción

Los efectos que causan las acciones del hombre sobre la naturaleza están estudiados y cuantificados de múltiples maneras, como las variables que propuso Wilson (2002) —destrucción del hábitat, contaminación, cambio climático, especies invasoras, sobrepoblación y explotación—. El pensamiento subyacente a estas es una indiferencia moderna que ha supuesto, durante siglos, que la naturaleza es una herramienta del hombre, sujeta a la explotación (Moya, 2007). A juicio de los estudiosos, estos procesos son las causas del declive de las especies, que ocurre a ritmo acelerado (Wilson, 2002; Martínez Meyer *et al.*, 2014).

Si bien las capacidades del hombre le permiten intervenir la naturaleza, también le asignan la responsabilidad sobre las acciones que efectúe, que deben llevarse a cabo bajo la consciencia de que se corre el riesgo de la destrucción (Moya, 2007) si no se procede correctamente. Una intervención racional sobre la naturaleza y la biodiversidad es necesaria, inevitable; pero se trata de un compromiso que debe ejercerse desde la ética (Moya, 2007) y requiere bases sólidas, que pueden proveerse en forma de teorías científicas, técnicas demostradas, políticas públicas, leyes, convenios; en pocas palabras, instrumentos guía cuyo cimiento sea la razón.

En el estado de Querétaro existen instituciones y alianzas que trabajan para conocer, conservar y gestionar la notable diversidad biológica de la entidad mediante el desarrollo y aplicación de instrumentos de alcance variado. Estas acciones son necesarias porque el territorio enfrenta procesos de fragmentación, pérdida de hábitat, actividades extractivas, introducción de especies exóticas y otras acciones que reducen la resiliencia de sus ambientes naturales (López Higareda *et al.*, 2025).

El Zamorano es una montaña que se alza en los límites de Querétaro y Guanajuato, en las colindancias entre el Eje Neovolcánico Transmexicano y la Mesa Central. Su elevación permite el despliegue de varios tipos de vegetación cuya flora comprende desde elementos de afinidad árida y semiárida, hasta exponentes de bosques templados. Su paisaje presenta evidencias de deterioro en la disminución de la superficie de varios

tipos de vegetación y su degradación a comunidades secundarias, lo que merma la funcionalidad de los ecosistemas y sus capacidades para brindar servicios ambientales. Por lo tanto, El Zamorano es un territorio prioritario para aplicar las capacidades de intervención ética de la naturaleza, que debe llevarse a cabo con respeto y cuidado de las condiciones de vida de sus habitantes, y desde la solidez de una base teórica, cimentada en el conocimiento científico y expresada mediante modelos, técnicas y procedimientos demostrados.

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta, institución pública del Estado de Querétaro, ha desarrollado un modelo para conservar la biodiversidad vegetal. En este artículo se compendian a grandes rasgos sus fundamentos teóricos subyacentes, se explican sus pasos operativos y se propone una guía general para su adaptación a la vegetación y flora del cerro El Zamorano.

Planear el manejo integral de toda la biodiversidad y ecosistemas de El Zamorano es una meta mucho más amplia, que requerirá una visión integradora y la participación de varios especialistas en ciencias de la vida y ciencias sociales.

Teoría operativa en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta

Una teoría vincula constructos o conceptos interrelacionados con definiciones y proposiciones que presentan un punto de vista sistemático de los fenómenos mediante la especificación de las relaciones existentes entre sus variables, a fin de explicarlos y predecirlos. Esto es, que explica, sistematiza, predice y establece las maneras de incrementar el conocimiento sobre un hecho real (Bondarenko, 2009).

La conservación de la biodiversidad debe cimentarse en la comprensión del funcionamiento de la naturaleza. Los principios que explican el funcionamiento de las plantas —fisiología, ecofisiología, anatomía vegetal, bioquímica— y los que explican sus comunidades, las interacciones que llevan a cabo con otros organismos y su relación con el ambiente —ecología, microbiología, climatología, entre otros—, son los componentes teóricos que subyacen al modelo de conservación del Jardín

Botánico Regional de Cadereyta (JBRC), que fue desarrollado en torno a la Zona Semiárida Queretano-Hidalgense. El modelo se compone de una secuencia lógica de pasos ensamblados de manera sistemática (Figura 1) y asentados en postulados teóricos generales para la naturaleza y la vida vegetal. Por esto, puede adaptarse a otros contextos (Bondarenko, 2009).

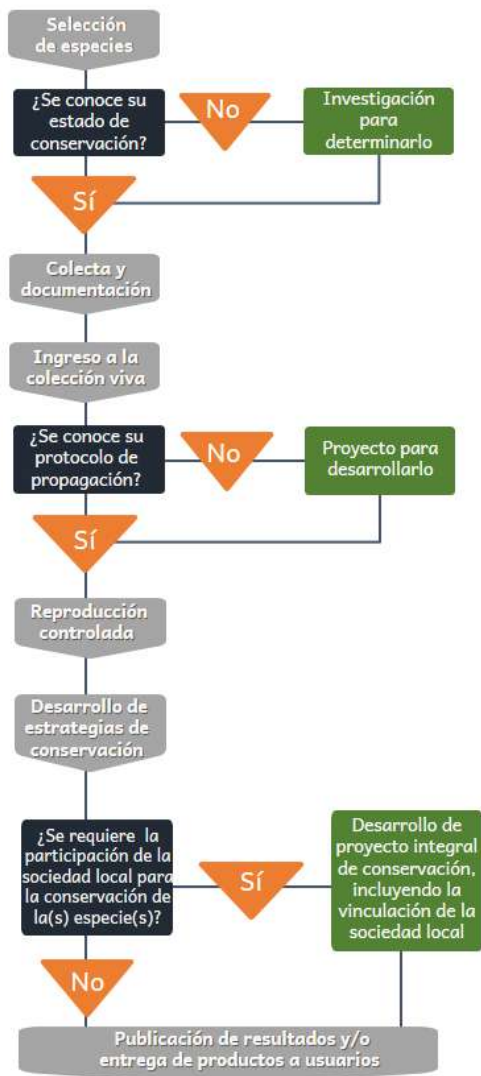


Figura 1. Diagrama de flujo representando la secuencia de pasos del modelo de conservación del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Fuente: Procedimiento JBP-02 de la institución.

El procedimiento y sus postulados subyacentes

Selección de especies. El empleo de indicadores ha sido una solución ampliamente utilizada en ecología. Existen métodos y clasificadores para escoger

especies objetivo de manera práctica y comparable, a partir de sus atributos ecológicos y de biodiversidad —como la composición, estructura y función de las entidades biológicas, o *taxa*— (Isasi Catalá, 2011; Noss, 2009; Parrish *et al.*, 2003). Si bien la definición de los términos en el desarrollo de estos indicadores, así como su correcto empleo y alcance real han sido objeto de discrepancias entre los especialistas en ecología (Isasi Catalá, 2011; Mills *et al.*, 1993), siguen siendo ampliamente usados.

El postulado que subyace a este paso en el procedimiento del JBRC es la aplicación de una métrica para seleccionar especies de plantas dentro del ecosistema de interés, cuya presencia sea crucial para mantener la organización y diversidad de sus comunidades, y/o sean especies excepcionales por su importancia relativa dentro de la comunidad, y/o se encuentren bajo amenaza, y/o sean un recurso económico-cultural apreciado por los habitantes locales.

El JBRC ha estructurado métodos propios (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2011) que ha puesto en práctica a través de vastas revisiones bibliográficas y largas temporadas de trabajo de campo, cuando no existen datos previos.

En esta etapa son de utilidad los listados nacionales y globales de especies amenazadas (SEMARNAT, 2019; IUCN, 2025).

Colecta y documentación. Las tendencias contemporáneas sobre la finalidad de las colecciones de plantas vivas orientan a la conservación como una de sus finalidades primordiales. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 1992), reconoció a las colecciones vivas entre el conjunto de acciones sustanciales para la conservación de la biodiversidad (Wyse Jackson, 1997) y los jardines botánicos están trabajando para adaptar sus procedimientos a los estándares que esta finalidad requiere. Si bien en años recientes, la efectividad de las colecciones vivas de plantas ha estado sujeta al análisis y se han identificado acciones para su mejora (Heywood, 2009 y 2017; Cano *et al.*, 2025), la conservación *ex situ* es considerada como componente fundamental dentro de una política general sobre el tema, y su importancia se incrementa a medida que la viabilidad de las áreas naturales va requiriendo material vivo para reintroducción y restauración (Heywood, 2009).

La definición del propósito y objetivos de la colecta, y una métrica para evaluar el progreso en su consecución son esenciales (Aplin en Gratzfeld, 2019; Havens *et al.*, 2006) al proporcionar orientación sobre su contenido y misión. De otro modo, los trabajos podrían desviarse fácilmente.

Una colección viva como la del JBRC, compendia sus objetivos en una política alineada con la misión institucional (Recuadro 1), que se presenta como referencia. La política puede definirse de acuerdo con la misión de la instancia que emprenda el esfuerzo de conservación.

Los aspectos prácticos para definir la finalidad de la colecta y los elementos a considerar en la documentación pueden consultarse en Aplin en Gratzfeld (2019), Leadlay y Greene (2000), Luna en Lascrain *et al.* (2000), Michener en Rakow (2011), y Vovides en Lascrain *et al.* (2000), entre otras fuentes.

Ingreso a la colección viva. Para manejar cualquier organismo, deben considerarse sus características esenciales. Las plantas son organismos vivos autótrofos que producen azúcares simples a partir de energía provista por la radiación solar, bióxido de carbono y agua; que se reproducen sexualmente mediante la unión de gametos masculino y femenino que produce descendencia con nuevas combinaciones de genes, y asexualmente a través de la generación de individuos idénticos al progenitor; y cuyo crecimiento y desarrollo suelen ser estacionales o periódicos y están fuertemente influenciados por las condiciones ambientales imperantes, entre las que la disponibilidad de agua, la temperatura y la intensidad y duración de las horas de sol son variables vitales (Carbone en Gergoff *et al.*, 2023).

Además de conocimientos básicos de fisiología vegetal, cuyos fundamentos pueden consultarse en obras clásicas (Bidwell, 1979; Salisbury y Ross, 1992), el manejo de plantas vivas requiere conocimiento en aspectos especializados de acuerdo con las identidades taxonómicas, para llevar a cabo las labores hortícolas que su mantenimiento requiere —trasplante, cuidado y mantenimiento, vigilancia fitosanitaria, nutrición, escarda o deshierre, riego, poda—.

La horticultura y sus disciplinas relacionadas han producido una gran diversidad de literatura que

incluye manuales, textos académicos, enciclopedias especializadas y una vasta gama de revistas científicas, entre otras (Warrington y Janick en Dixon y Aldous, 2014). No obstante, la faceta ambiental de la horticultura y su aplicación hacia la flora nativa es reciente. A partir de 1990, el término “horticultura ambiental” reposiciona la apertura de esta disciplina hacia las ideas de conservación de la biodiversidad (Hitchmough en Cameron y Hitchmough, 2016). Bajo este enfoque elemental, y con la guía de la teoría hortícola, se lleva a cabo en el JBRC esta etapa de sus pasos operativos.

Reproducción controlada. Los postulados sobre biología y fisiología vegetal también son fundamentales en esta etapa, con énfasis en la naturaleza dual de la reproducción vegetal —sexual y asexual—. La propagación sexual implica la fusión de los gametos o células sexuales masculinas (polen) y femeninas (óvulos), a través de la polinización y la fecundación que ocurren en las estructuras reproductivas de la planta —flores, en el caso de las Angiospermas— y que culmina con la formación de frutos y semillas; la reproducción asexual produce copias idénticas al progenitor, cuyo crecimiento puede ser más rápido en comparación al de las plántulas obtenidas de semilla. Existe también la apomixis, tipo de reproducción asexual que produce semillas sin fusión previa de gametos y cuyos descendientes son copias idénticas al progenitor (Luquez en Gergoff *et al.*, 2023).

La propagación vegetal puede describirse como el acto intencional de reproducir plantas (Hartmann *et al.*, 2011). Los principios sobre los que se desarrolla la propagación vegetal incluyen aspectos de su biología, taxonomía y fisiología, así como la combinación de estos conocimientos con los aspectos hortícolas, y de instrumentación y control de procesos, a fin de operar con eficacia un sistema productivo (Tabla 1). Un compendio sobre estos temas es el tratado de Hartmann *et al.*, (2011).

A lo largo de los años, en el JBRC estos principios se han aplicado para desarrollar una amplia lista de protocolos de propagación para especies de plantas mexicanas de afinidad semiárida y tropical (Sánchez *et al.*, 2006, 2011 y 2017).

Recuadro 1. Política de la colección botánica en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta (2024) (Síntesis)

I. El Jardín Botánico Regional de Cadereyta reúne, conserva y mantiene un conjunto de especies vegetales provenientes de dos regiones prioritarias:

1. La Zona Semiárida Queretano-Hidalguense.
2. El estado de Querétaro.

II. Las especies a introducir en la colección viva son seleccionadas en función de su importancia biológica, ecológica y cultural, a través de la aplicación de criterios científicos.

III. Aspectos de la colecta con destino a la colección viva:

1. El individuo debe haber sido colectado conforme a los procedimientos legales vigentes en México.
2. El individuo debe pasar por un periodo cuarentenario previo a su instalación definitiva.
3. Un número de ingreso y un número único (ID) deben serle proporcionados dentro de la base de datos del Jardín Botánico.
4. Un voucher de herbario de la especie debe ser colectado en la misma localidad y depositado en herbarios mexicanos de referencia para la flora del centro de México (MEXU, IEB), y de Querétaro (QMEX).

IV. Aspectos de manejo de la especie dentro de la colección:

1. Su adecuada ubicación dentro de las secciones de la colección viva del Jardín Botánico, bajo criterios taxonómicos y geográficos.
2. La vigilancia fitosanitaria permanente.
3. Los cuidados hortícolas.
4. El registro de sus etapas fenológicas.
5. La actualización de sus datos en la base de datos del Jardín Botánico.
6. La obtención de una aprobación (tasa de aprovechamiento) por parte la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuando la especie sea seleccionada para obtención de germoplasma para propagación.
7. La adecuada selección y colecta de germoplasma a ser donado o depositado en otros Jardines Botánicos o instituciones afines.

Desarrollo de estrategias de conservación. Este paso sintetiza los resultados conseguidos en campo y en invernadero, para construir artículos científicos, técnicos o divulgativos que propongan estrategias y modelos para la conservación biológica de las poblaciones naturales de flora, y para su debido aprovechamiento como recurso.

Las estrategias deben ser documentos sintéticos, entendibles y practicables que incluyan, al menos: i. La información acerca del estado actual de las poblaciones de la flora silvestre de interés; ii. Los procedimientos para la reproducción artificial de las especies amenazadas o de interés; iii. Las propuestas (estrategia), totales o parciales, para progresar en la permanencia del recurso y su aprovechamiento sustentable.

Ejemplos de estas propuestas generadas en el JBRC pueden encontrarse en Aranda-Pineda *et al.*, 2025; Hernández *et al.*, 2007; Maruri *et al.*, 2020; Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2011; Ugalde *et al.*, 2014.

Tabla 1. Lista general de principios y aspectos prácticos a tomar en cuenta en un proceso de reproducción controlada de plantas en vivero. Adaptado de Hartmann *et al.* (2011).

Anatomía y fisiología	Principios de la propagación	Ambiente de la propagación
Anatomía de la flor	Propagación sexual	Factores ambientales
Anatomía de la semilla	<i>Polinización</i>	Luz
Desarrollo de la flor	Natural	Agua y humedad
Desarrollo de la semilla	Manual	Infraestructura
Papel de las fitohormonas	<i>Proceso de germinación</i>	Ambientes protegidos/controlados
	Control de la germinación	Contenedores
Selección de semillas	Dormancia y su manejo	Microclima
Control de la variabilidad genética	Siembra	Sustrato
Sistemas de producción de semillas	Trasplante	Mantenimiento
	Propagación vegetativa	<i>Nutrición</i>
Manejo de semillas	Formación de raíces	Formulación
Colecta o cosecha	Empleo de fitohormonas	Dosificación
Manejo y/o almacenamiento	Manejo de los esquejes	<i>Manejo fitosanitario</i>
Determinación de viabilidad	Prevención de enfermedades	Prevención
Tratamientos pregerminativos	Selección de clones	Control

Apuntes para adaptar el modelo de conservación del JBRC para flora, a El Zamorano
El sitio de interés. La biodiversidad vegetal de El Zamorano refleja la naturaleza transicional del centro

de México, manifiesta en un ecosistema que incluye matorrales, bosques tropicales caducifolios y bosques de coníferas con una rica diversidad de flora y funga (Gómez-Sánchez, 1997; Landeros *et al.*, 2006;

Rzedowski *et al.*, 2012; Zamudio *et al.*, 1992), distribuidos en varios pisos altitudinales.

Desde una perspectiva cultural, El Zamorano constituye un sitio sagrado dentro de la cosmovisión de los pueblos originarios, junto a otros lugares de la zona, como el cerro del Frontón, la Peña de Bernal y la localidad de Maguey Manso (Vázquez Estrada, 2005).

La porción queretana de El Zamorano ocupa tres municipios —Colón, Tolimán y El Marqués— y tiene cerca de 30 localidades no mayores a los 2000 habitantes (INEGI, 2020). La tenencia de la tierra es predominantemente ejidal, y sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería de autoconsumo y venta, complementadas por actividades secundarias como la caza y pesca, la recolección de recursos no maderables y la elaboración de artesanías. Estas actividades están limitadas por una marcada estacionalidad climática (GEQ, 2006), con una temporada de lluvias relativamente corta que restringe algunos aspectos de la productividad y sostenibilidad de los medios de vida.

El Zamorano se encuentra sometido a presiones que perturban su composición, estructura y equilibrio, y experimenta los efectos del disturbio que genera la actividad económica local, la instalación de infraestructura de vivienda, comunicaciones y servicios, y la expansión de la actividad agropecuaria, lo que reduce la cobertura de los ecosistemas naturales (INEGI, 1997, 1999 y 2021) y provoca efectos negativos en el ambiente. Esta degradación afecta la permanencia de los servicios ecosistémicos, e intensifica las condiciones de vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades locales. Según datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, en el municipio de Colón, en el cual se encuentran la mayoría de los poblados, 43.8% de los habitantes presentan algún grado de pobreza. El porcentaje de habitantes con carencia por acceso a la alimentación se ha duplicado en el periodo de 2015-2020, pasando del 12.8% al 24% (CONEVAL, 2020; GEQ, 2021).

Considerando la riqueza e importancia de la vegetación de la región y su rol como cimiento del ecosistema (ONU, 2015), se propone, con cimiento

en el modelo del JBRC, una serie de pasos para coadyuvar a la permanencia de su flora.

Análisis del paisaje y definición de objetivos. La complejidad del paisaje de El Zamorano requiere un análisis de sus variables y su distribución, para definir subregiones de relativa homogeneidad. Existe una vasta literatura sobre métodos de regionalización y típicamente emplean como base criterios políticos, biofísicos y socioeconómicos (Glasson y Marshall, 2007), ajustando sus variables de acuerdo con la extensión del territorio y las metas previstas.

El análisis debería detectar las áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad vegetal. Prácticamente todas las comunidades vegetales de El Zamorano cuentan con fragmentos más maduros, complejos y con presencia de elementos endémicos (Gómez Sánchez, 1997; Rzedowski *et al.*, 2012; Zamudio *et al.*, 1992) y/o amenazados, que deberían ser considerados para actividades que favorezcan su permanencia, y como sitios de referencia. En la tabla 2 se enumeran los tipos de vegetación de El Zamorano, en su porción queretana, y se expresa, a grandes rasgos, su situación actual e importancia para ser conservados.

Para esta tarea se debe partir de los instrumentos nacionales y globales de conservación de la biodiversidad y desarrollo sustentable (CBD, 2022; CONABIO, 2012 y 2016, ONU, 1992 y 2015).

Es posible que las metas de un plan para la conservación en El Zamorano incluyan aproximaciones varias de conservación, restauración ecológica y/o uso sustentable. Para cualquiera de estos enfoques, son necesarias las actividades de propagación y empleo de la flora nativa.

Construcción de alianzas. La conservación de la biodiversidad requiere colaboración entre diferentes grupos, organizaciones y sectores que puedan proporcionar una visión integral, conocimientos técnicos acerca de una amplia variedad de temas, y capacidad de gestión. Es conveniente establecer una alianza que encabece la ejecución de los trabajos y que cuente con capacidades técnicas, arraigo local y habilidades de gestión para la obtención de financiamiento, supervisión de desarrollo de infraestructura y fortalecimiento de relaciones con la comunidad. Esto conlleva tener personalidad jurídica

para gestionar trámites inherentes a la conservación de la biodiversidad vegetal (SEMARNAT, 2022).

Selección de especies. El catálogo de flora puede construirse con base en bibliografía y trabajo de campo complementario. La lista podría clasificarse con criterios ecológicos, de conservación, forestales, de agrobiodiversidad, culturales, y servir para la aplicación de un índice como los referidos (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2011) u otra métrica. En la tabla 2 se mencionan géneros y especies de importancia en la zona, que pueden tomarse como punto de partida para una evaluación de prioridades de conservación y uso sustentable de la flora. A la lista podrían añadirse especies de interés específico.

Colecta de germoplasma. Habiendo definido la finalidad de la colecta, será necesario gestionar ante las autoridades los trámites para llevarla a cabo legalmente. En México, la flora silvestre es sujeto de regulación para su protección y aprovechamiento, al amparo de instrumentos como la Norma Oficial Mexicana 059, la Ley General de Vida Silvestre y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, cuyos reglamentos detallan su aplicación.

Esta etapa requiere una planeación técnica y logística que considere varios aspectos, como: i. El tipo de semilla a coleccionar, para efectos de almacenamiento. Las semillas que toleran la desecación (ortodoxas) pueden almacenarse bajo condiciones específicas, mientras que las semillas recalcitrantes pierden su viabilidad al desecarse (Gutiérrez *et al.*, 2015 en Gutiérrez *et al.*, 2015). Los bosques templados de El Zamorano tienen géneros con semillas tanto ortodoxas (*Abies*, *Pinus*, *Alnus*) como recalcitrantes (*Quercus*) (Cauja Guerrero,

2022; Hernández Anguiano *et al.*, 2018; Herrera Arroyo, 2020; Rodríguez Acosta *et al.*, 2020); y sus comunidades vegetales tropicales cuentan con varios exponentes recalcitrantes. Será necesario conocer la naturaleza de cada especie de interés para decidir el curso de acción, sea almacenamiento temporal, almacenamiento a largo plazo o creación de bancos de plántulas. ii. La variación intraespecífica que pueden presentar las especies de flora que tienen una distribución amplia, para las que será necesario tomar muestras en distintas poblaciones (Gutiérrez, 2015, en Gutiérrez *et al.*, 2015). En El Zamorano, la distribución de bosques templados, selva baja y matorrales es vasta (INEGI, 1997, 1999 y 2021) y puede haber más de una población de las especies de interés. iii. El calendario fenológico, para identificar la temporada oportuna para efectuar una colecta. iv. El estatus de amenaza o rareza de las especies de interés. La recolección de semillas no debe comprometer la conservación de las poblaciones. Por esto, no debe superar el 20% de las semillas viables disponibles al momento de la recolección, a fin de dejar suficientes semillas para la regeneración de la población y para otros organismos que dependen de este recurso. Esta precaución es crucial en caso de especies amenazadas, para las que la extracción indiscriminada de semillas podría ser una amenaza que comprometa su supervivencia (Gutiérrez, 2015, en Gutiérrez *et al.*, 2015).

La colecta de germoplasma requiere contar con instalaciones para su almacenamiento temporal, procesamiento y empleo en el paso siguiente.

Tabla 2. Compendio sobre las comunidades vegetales de El Zamorano (localización, situación actual y valores para su conservación).

Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)	Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)
Matorral crasicaule	Ladera Sur-Sureste	1800-2000	Bosques de encino y encino-pino	Este, Sur y Oeste de la cumbre.	2100-2700 (2900)
Localidades cercanas. El Carrizal, El Poleo, Santa María del Mexicano (Colón); La Puerta, Nogales, La Estancia, El Lindero (Tolimán).			Localidades cercanas. El Artón (El Marqués); Los Trigos, El Fuenteño, Loma del Mal Paso, El Terrero, Mesa de la Cruz, Tierra Adentro (Colón); Tuna Manza, Puerto del Aire, Rincón de la Laguna (Tolimán).		
Situación actual. La composición de la comunidad se encuentra en deterioro en los últimos treinta y cinco años, y su ocupación está perdiendo terreno ante la expansión de la frontera agrícola (INEGI, 1997, 1999 y 2021).			Situación actual. Las comunidades boscosas en general han perdido superficie en los últimos treinta y cinco años y se han degradado a fases secundarias en varios sitios. Los cambios de uso de suelo y la extensión de pastizales inducidos merman su superficie (INEGI, 1997, 1999 y 2021).		
Valores para su conservación. Géneros relevantes: <i>Agave</i> , <i>Ferocatus</i> , <i>Dasyllirion</i> , <i>Hechtia</i> , <i>Mimosa</i> , <i>Opuntia</i> , <i>Vachellia</i> . <i>Dasyllirion acrotrichum</i> , de importancia cultural, está bajo amenaza (A, NOM-059-SEMARNAT-2010). <i>Ferocactus histrix</i> , de importancia cultural y económica, está bajo amenaza (Pr, NOM-059-SEMARNAT-2010). (Del Castillo y Trujillo, 1991; SEMARNAT, 2019).			Valores para su conservación. Géneros relevantes: <i>Quercus</i> , <i>Arbutus</i> , <i>Alnus</i> , <i>Arctostaphylos</i> , <i>Yucca</i> , <i>Echeveria</i> (Gómez-Sánchez, 1997; Zamudio <i>et al.</i> , 1992). <i>Laelia speciosa</i> , de importancia cultural y económica, está bajo amenaza (Pr, NOM-059-SEMARNAT-2010); <i>Mammillaria microhelix</i> también está bajo amenaza (Pr, NOM-059-SEMARNAT-2010) (SEMARNAT, 2019). <i>Bursera</i> , <i>Lysiloma</i> , <i>Ipomoea</i> , <i>Pittocaulon</i> (Del Castillo y Trujillo, 1991).		
Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)	Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)
Pastizales	Manchones en todo el contorno.	1800 y hasta 2600	Bosque de oyamel	Cumbre de la montaña	(2900) 3100-3300
Localidades cercanas. La Laborcilla, Matanzas, Presa del Carmen (El Marqués); La Joya, El Puerto del Coyote (Colón); Panales, El Lindero (Tolimán).			Localidades cercanas. Infraestructura de retransmisión de señales de radio y televisión (antenas).		
Situación actual. La presencia de pastizales inducidos suele provenir del desmonte de otros tipos de vegetación y del abandono de áreas agrícolas. (INEGI, 1997, 1999 y 2021). Existen registros de la invasora <i>Melinis repens</i> en partes bajas de la ladera (Schwartz, 2024).			Situación actual. Las comunidades boscosas en general han perdido superficie en los últimos treinta y cinco años y se han degradado a fases secundarias en varios sitios. Los cambios de uso de suelo y la extensión de pastizales inducidos merman su superficie (INEGI, 1997, 1999 y 2021).		
Valores para su conservación. Especies de pastos nativos como <i>Bouteloua dactyloides</i> . (<i>diegogame</i> en Naturalista, 2023).			Valores para su conservación. Géneros relevantes: <i>Abies</i> , <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> . Los bosques de <i>Abies</i> son ambientes de características muy específicas que definen su importancia como proveedores de servicios ambientales. Son también uno de los ecosistemas mexicanos más amenazados (Zepeda Gómez <i>et al.</i> , 2023) Endemismos: <i>Cirsium zamoranense</i> , <i>Rubus mcvaughianus</i> , <i>Baccharis zamoranensis</i> (Gómez-Sánchez, 1997; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1989; Rzedowski, 1994).		
Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)	Comunidad	Localización	Elevación (m s. n. m.)
Selva baja caducifolia	Amplia franja en su ladera sur.	2000-2300 (2400)	Bosques de galería	Márgenes de arroyos y escurrimientos	(2900) 3100-3300
Localidades cercanas. La Puerta de la Cruz Blanca, Puerta de Palo Dulce, Tepozanes (El Marqués); Nuevo Álamos, El Sabino, El Potrero (Colón).			Valores para su conservación. Géneros relevantes: <i>Populus</i> , <i>Salix</i> . Los bosques de galería constituyen un ecotono entre las comunidades acuáticas y las terrestres cuyos beneficios tanto para la vida silvestre como para el ser humano han sido ampliamente documentados. Proporcionan un hábitat seguro para especies de fauna, fungen como corredores biológicos naturales y evitan el desbordamiento de los ríos (Alanís <i>et al.</i> , 2020). La conservación de las corrientes de agua en El Zamorano es relevante porque es un área de recarga de acuíferos de la zona (Gómez- Sánchez, 1997).		
Situación actual. La comunidad ha perdido superficie en los últimos treinta y cinco años y se encuentra degradada a una fase secundaria en amplios sitios (INEGI, 1997, 1999 y 2021).					
Valores para su conservación. Géneros relevantes: <i>Bursera</i> , <i>Lysiloma</i> , <i>Ipomoea</i> , <i>Pittocaulon</i> (Del Castillo y Trujillo, 1991; Zamudio <i>et al.</i> , 1992).					

Reproducción controlada. Poner manos a la obra en el proceso de propagación de flora, sea silvestre, agrícola, u ornamental, requiere insumos, infraestructura y capacidad operativa. Ya se han mencionado en la Tabla 1 los principios y aspectos prácticos a tomar en cuenta en un proceso de reproducción controlada de plantas en vivero. Queda por señalar la necesidad de emplear los protocolos de

propagación más adecuados a las especies que se hayan seleccionado. En materia de protocolos de propagación de flora mexicana, hay obras que pueden servir de guía para la propagación de plantas de las diferentes comunidades en esta montaña, a saber: i. Flora de matorrales áridos (Reyes Santiago *et al.*, 2014; Rivera-Vázquez, 2022 Sánchez *et al.*, 2006 y 2017). ii. Flora de pastos y praderas (Enriquez Quiroz

et al., 2011; Morales, 2008; Morales *et al.*, 2021). iii. Flora de selva baja caducifolia (Palma García y González Rebeles Islas, 2018; Ramírez Marcial *et al.*, 2012; Rivera-Vázquez, 2022; Sánchez *et al.*, 2011 y 2017; Vázquez-Yanes y Orozco Segovia, 1992). iv. Flora de bosques templados (Prieto Ruiz *et al.*, 2009; Ramírez Marcial *et al.*, 2012; Rodríguez Acosta *et al.*, 2020). v. *Abies religiosa* (Arriola Padilla *et al.*, 2015; Herrera Arroyo, 2020).

Las tareas de propagación pueden articular las finalidades de conservación y manejo de una zona, con la participación de la sociedad local. Los viveros comunitarios son una estrategia que permite iniciar y consolidar procesos participativos, y una alternativa productiva y económica para los productores participantes (Fundación Natura Colombia, 2021); un esquema de propagación y empleo de flora silvestre para su empleo en ambientes naturales, en combinación con especies útiles en los sistemas agrícolas, como plantas medicinales, forrajeras o inclusive ornamentales, favorecerá la biodiversidad y creará fuentes de ingresos.

Conclusión

La planeación, la definición clara de objetivos y la aplicación de una secuencia de pasos ordenados, cimentados en teoría científica, principios y técnicas comprobadas, pueden ser el cimiento del manejo para la conservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad vegetal del cerro El Zamorano. La eficiencia del proceso dependerá también de la participación comunitaria en la toma de decisiones desde la planeación.

Vincular a la sociedad

El Zamorano debe ser apreciado como un sociosistema en el cual la acción humana puede ser una influencia para la permanencia o degradación de los ecosistemas naturales; y constituye un área de oportunidad para planear y establecer una estrategia multidimensional que aborde los problemas ambientales y socioeconómicos, en la cual la conservación de la biodiversidad vegetal forme parte como proceso prioritario (Gómez-Baggethun y de Groot, 2007).

La eficacia de toda estrategia de conservación depende, en gran medida, de la participación colectiva de los habitantes y de su apropiación por parte de la comunidad. Se deberá procurar la participación de todos los involucrados en la toma de decisiones desde la planeación, a través de un diálogo constante entre los actores para compartir experiencias, establecer los múltiples objetivos y delinear acciones y metas de conservación y manejo para cada caso (Caballero Cruz *et al.*, 2016).

La definición de objetivos y el trazado de los pasos para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad vegetal de El Zamorano, es la parte inicial de un proceso que requiere trabajo conjunto de los tomadores de decisiones y las personas que tomen parte en el proyecto, den seguimiento a las tareas, apliquen y evalúen las tecnologías seleccionadas, monitoreen los avances e incorporen nuevas variables para la concreción de sus metas.

La gobernanza de los recursos naturales, que es un pilar para un cambio estructural progresivo, requiere la participación local, que se ejerce a través de la interacción y toma de decisiones entre diversos actores, gubernamentales y no gubernamentales, respecto de problemas colectivos relacionados con la gestión de los recursos naturales (CEPAL, s. f.). Esto llevará a que las resoluciones ambientales sean tomadas por quienes afrontarán directamente sus consecuencias (WRI, 2003, en Piñeiro, 2004), idealmente respaldados con información, elementos técnicos y acompañamiento.

Referencias bibliográficas

- Alanís Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Canizalez-Velázquez, P. A., Mora-Olivo, A., Pequeño-Ledezma, M. A., Buendía Rodríguez, E. (2020). Estructura y diversidad de un bosque de galería en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(58):134-153.
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.591>
- Aplin, D. (2019). No hay colecciones de plantas sin una estrategia o política. En: Gratzfeld, J. (Ed.), (2019). *De la idea a la realización - Manual de la BGCI en planificación, desarrollo y manejo de jardines botánicos*. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, Reino Unido.
- Aranda Pineda, J. A., Maruri Aguilar, B., Sánchez Martínez, E. (2024). El matorral micrófilo del semidesierto queretano: conocimiento actual, amenazas y propuestas de conservación. *Naturaleza y sociedad. Desafíos medioambientales*. 11:31-59
<https://doi.org/10.53010/nys11.02>
- Arriola Padilla, V. J., Flores García, A. F., Gijón Hernández, A. R., Pineda Ojeda, T., Jacob Cervantes, V., Nieto de Pascual Pola, C. (2015). *Producción de planta de Abies religiosa (Kunth) Schltdl. & Cham. en vivero*. SAGARPA, INIFAP. Folleto técnico 19.
- Bidwell, R. G. S. (1979). *Fisiología Vegetal*. 1a. Ed. AGT Editor. México 784 pp.
- Bondarenko Pisemskaya, N. (2009). El concepto de teoría: de las teorías intradisciplinarias a las transdisciplinarias. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales* 15:461-477.
- Caballero Cruz, P., Herrera Muñoz, G., Barriozabal Islas, C., Pulido, M. T. (2016). Conservación basada en comunidad: importancia y perspectivas para Latinoamérica. *Estudios Sociales* 48(26): 337-352.
- Cano, A., Powell, J., Alello, A. et al. (2025). Insights from a century of data reveal global trends in ex situ living plant collections. *Nature Ecology & Evolution* 9:214-224.
- Carbone, A. (2023). Fundamentos de Morfología y Fisiología Vegetal. En: Gergoff Grozeff G. E., Ruscitti, M. F., Gimenez, D. O. (Coords.) *Introducción a la propagación vegetal. De la fisiología la práctica integrada*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Cauja Guerrero, E. R. (2022). Evaluación de la germinación de semillas de Aliso (*Alnus acuminata*) en tres sustratos y dos procesos pregerminativos en el vivero de la ESPOCH. Tesis de Grado (Ingeniería Forestal) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/cbb25141-36a6-42f8-a7c9-ea1373ca85e2/content> (Consulta efectuada el 27 de mayo de 2025).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (S. f.). *Gobernanza de los Recursos Naturales*. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/temas/gobernanza-recursos-naturales> (Consulta efectuada el 28 de mayo de 2025).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2012). *Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal 2012-2030*.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2016). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). *Medición de pobreza municipal [Base de datos en línea]*. Recuperado de <https://municipal-coneval.hub.arcgis.com/pages/pobreza> (Consulta efectuada en mayo de 2024).
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de la Organización de las Naciones Unidas. (2022). *Marco Mundial para la Diversidad Biológica Kunming-Montreal*.
- Del Castillo, R.F., Trujillo, S. (1991). Ethnobotany of *Ferocactus histrix* and *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) in the Semiarid Central Mexico: Past, Present and Future. *Econ. Bot.* 45, 495-502 (1991). <https://doi.org/10.1007/BF02930713>
- diegogame. (2023). *Bouteloua dactyloides*. [<https://mexico.inaturalist.org/observations/167133731>]. Consulta efectuada en junio de 2024.
- Enriquez Quiroz, J. F., Meléndez Nava, F., Bolaños Aguilar E. D., Esqueda Esquivel, V. A. (2011). *Producción y manejo de forrajes tropicales*. SAGARPA, INIFAP. Libro Técnico 28.
- Fundación Natura Colombia (2021). *Fortalecimiento de viveros comunitarios, como aliados de la Restauración del Bosque Seco Tropical*. Disponible en: <https://natura.org.co/fortalecimiento-de-viveros-comunitarios-como-aliados-de-la-restauracion-del-bosque-seco-tropical/#:~:text=Los%20viveros%20comunitarios%20son%20una,econ%C3%B3mica%20para%20los%20productores%20participantes>. (Consulta efectuada el 27 de mayo de 2025).
- Glasson, J., Marshall, T. (2007). *Regional Planning*. Routledge. Taylor & Francis Group. London and New York.
- Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ). (2006). *Proyecto de Ordenamiento Territorial del Estado de Querétaro, 2006. Modelo de isotermas (media anual). Datos vectoriales*.
- Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ). (2006). *Proyecto de Ordenamiento Territorial del Estado de Querétaro, 2006. Modelo de isoyetas (media anual acumulada). Datos vectoriales*.
- Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ). (2021). *Análisis de los resultados de la medición multidimensional de la pobreza 2020. Informe. Secretaría de Desarrollo Social del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro*. Disponible en: https://desarrollosocialqro.gob.mx/wp/wp-content/uploads/2023/05/ANALISIS-LOS-RESULTADOS-MEDICION-MULTIDIMENSIONAL-POBREZA-2020_CONEVAL.pdf
- Gómez-Baggethun, E., De Groot, R. (2007). Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases biológicas de la economía. *Ecosistemas* 16(3):4-14.
- Gómez Sánchez, M. (1997). *Flora vascular del cerro El Zamorano*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L002. México, D.F.
- Gutiérrez, B. (2015). Consideraciones para el muestreo y colecta de germoplasma en la conservación *ex situ* de recursos genéticos forestales. En: Gutiérrez, B. Capítulo 10 Consideraciones para el muestreo y colecta de germoplasma en la conservación *ex*

- situ de recursos genéticos forestales. (Gutiérrez, B., Ipinza, R. y Barros, S. (Eds.), 2015. Conservación de Recursos Genéticos Forestales, Principios y Prácticas. Instituto Forestal, Chile. 320 p). Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/20830/31363.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consulta efectuada el 27 de mayo de 2025).
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Geneve, R. L. (2011). *Hartmann & Kester's Plant Propagation Principles and Practices*. Pearson New International Edition. Eight Edition. Pearson. Disponible en: <https://archive.org/details/PlantPropagationPrinciplesAndPracticesByHartmannAndKesters8thEdition/page/n1/mode/2up?view=theater> (Consulta efectuada el 22 de mayo de 2025).
- Havens, K., Vitt, P., Maunder, M., Guerrant, E., Dixon, K. (2016) *Ex situ Plant Conservation and Beyond*. *Bioscience* 56(6): 525-531.
- Hernández, J. G., Chávez, R., Sánchez, E. (2007). Diversidad y estrategias para la conservación del cactáceas en el semidesierto Queretano. *CONABIO Biodiversitas* 70:6-9.
- Hernández Anguiano, L. A., López-Upton, J. K., Ramírez-Herrera, C., Romero-Manzanares, A. (2018) Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. *Agrociencia* 52:1161-1178.
- Herrera Arroyo, M. L. (2020). Manejo integral del pinabete (*Abies religiosa*) en la etapa de vivero. Manejo comunitario de viveros para la producción de pinabete. Editorial Académica Española Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344569536_MANEJO_INTEGRAL_DEL_PINABETE_Abies religiosa_EN_LA_ETAPA_DE_VIVERO (Consulta efectuada el 27 de mayo de 2025).
- Heywood, V. (2009). Botanic Gardens and Genetic Conservation. *Sibbaldia, The Journal of Botanic Garden Horticulture* 7:5-17.
- Heywood, V. (2017). Editorial. The future of plant conservation and the role of botanic gardens. *Plant diversity* 39(6):309-313.
- Hitchmough, J. D. (2016). Introduction to Environmental Horticulture: Issues and Future. En: Cameron and J.D. Hitchmough, 2016. *Environmental Horticulture: Science and Management of Green Landscapes*. Cabi Digital Library.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (1999). Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 Serie I y II. Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI. spatial: Estados Unidos Mexicanos. (Serie I: 1979-1997. Serie II: 1993-1999).
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020, Principales datos por localidad (ITER). Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#microdatos>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2021). Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, SERIE VII (Capa Unión) Instituto Nacional de Estadística y Geografía – INEGI. spatial: Estados Unidos Mexicanos. (Serie VII: 2017-2021).
- Isasi Catalá, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia* 36(1):31-38.
- International Union for the Conservation of Nature. (2025). The IUCN Red List of Threatened Species.
- Landeros Jaime, F., Castillo, J., Guzmán, G., Cifuentes, J. (2006). Los hongos (macromicetos) conocidos en el Cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Micología* 22:25-31-
- Leadlay, E., Greene, J. (2000). El Manual Técnico Darwin para Jardines Botánicos. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, Reino Unido.
- López Higareda, D., Nájera Cordero, K., Cruz Angón, A. (2025) *Introducción*. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Querétaro. *La biodiversidad en Querétaro: Estudio de Estado*. México: CONABIO.
- Luna, V. (2000). Documentación y manejo de información de las colecciones de plantas vivas. En: Lascrain, M., Gómez, O., Sánchez, O., Hernández, C. C. (Eds.) (2000). *Jardines botánicos. Conceptos, operación y manejo*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos.
- Luquez, V. M. C. (2023). Biología reproductiva de las plantas terrestres. En: Gergoff Grozoff G. E., Ruscitti, M. F., Gimenez, D. O. (Coords.) *Introducción a la propagación vegetal. De la fisiología la práctica integrada*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Martínez- Meyer, E. (2014). El estudio de la biodiversidad de México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl.* 85: S1-S9. DOI: 10.7550/rmb.43248.
- Maruri Aguilar, B., Ugalde de la Cruz, Y. H., Hernández Martínez, M. M., Sánchez Martínez, E. (2020). Etnobotánica de la flora cactológica queretana, simiente para la mejora integral del medio rural. *Nthe* 33:63-72.
- Michener, D. C. (2011). Collections Management. En: Rakow, D. A. and Lee, S. A. (Eds.) (2011). *Public Garden Management*. John Wiley & Sons, Inc., Kindle Edition.
- Mills, L. E., Soulé, M. E., Doak, D. F. (1993). The Keystone-Species Concept in Ecology and Conservation. *Bioscience* 43(4):219-224.
- Morales Nieto, C. R. 2008. *Metodología para la recolecta y conservación de germoplasma de plantas forrajeras en las zonas áridas y semiáridas de México*. SAGARPA, INIFAP. C. E. Norte Centro. Folleto Técnico Núm. 21. México.
- Morales N. C., Enríquez, J. F., Villanueva, J. F., Herrera, F., Quero, A. R., Becerra, J., Sánchez, R. A., Jurado, P. (2012) *Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México*. S. E. Santiago Ixcuintla. INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico 21. pp. 1-76. DOI:10.13140/2.1.3069.9848
- Moya, A. (2007). Biodiversidad y evolución: el compromiso ético de nuestra especie. *Revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva* 2(2):49-58.
- Noss, R. (1990). Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4(4):355-364. <http://www.jstor.com/stable/2385928>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre Diversidad Biológica*.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres (Objetivos de Desarrollo*

- Sostenible). Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/vida-ecosistemas-terrestres> (Consulta efectuada el 20 de mayo de 2025).
- Palma García, J. M., González-Rebeles Islas, C. (Comps.) (2018). Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima.
- Parrish, J. D., Braun, D. P., Unnasch, R. S. (2003). Are We Conserving What We Say We Are? Measuring Ecological Integrity within Protected Areas. *Bioscience* 53(9):851-860.
- Prieto Ruiz, J. A., García Rodríguez, J. L., Mejía Bojórquez, J. M., Huchín Alarcón, S., Aguilar Vitela, J. L. (2009). *Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío*. SAGARPA, INIFAP. Publicación Especial Núm. 28.
- Ramírez Marcial, N., Luna Gómez, A., Castañeda Ocaña, H., Martínez Icó MM., Holz, S., Camacho Cruz, A., González Espinosa, M. (2012) *Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques*. ECOSUR. 95 p.
- Reyes Santiago, J., Islas Luna M. A., González Zorzano, O. 2014. Guía práctica de propagación y cultivo de las especies del género *Echeveria*. UNAM, SAGARPA, SINAREFI, SNICS. México.
- Rivera-Vázquez, R. (2022). *Colecta y beneficio de semillas de especies forestales de selva baja caducifolia y matorral del estado de Guanajuato*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, INIFAP. C.E. Bajío. Folleto técnico Núm. 2. México.
- Rodríguez-Acosta M. y Allen J. Coombes (Eds.). 2020. *Manual de propagación de Quercus: Una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central*. Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Rzedowski, J. (1994). Dos especies nuevas de *Cirsium* (Compositae, Cardueae) del Estado de Querétaro (México). *Acta Botanica Mexicana*, (29):101-105. <https://doi.org/10.21829/abm29.1994.727>
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (1989). *Rubus macvaughianus* sp. n. (Rosaceae), una frambuesa silvestre de posible interés hortícola. *Acta Botanica Mexicana*, (5):1-4. <https://doi.org/10.21829/abm5.1989.572>
- Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G., Zamudio, S. 2012. La flora vascular endémica en el Estado de Querétaro. I. Análisis numéricos preliminares y definición de áreas de concentración de las especies de distribución restringida. *Acta Botánica Mexicana* 99:91-104.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W. (1992). *Fisiología Vegetal*. Ancestry Publishing. 759 p.
- Sánchez Martínez, E., Chávez Martínez, R. J., Hernández Oria, J. G., Hernández Martínez, M. M. (2006). Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la Zona Árida Queretano-Hidalguense. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. 98 p.
- Sánchez Martínez, E., Hernández Oria, J. G., Hernández Martínez, M. M., Maruri Aguilar, B., Torres Galeana, L. E., Chávez Martínez, R. J. (2011). Técnicas para la propagación de especies nativas clave para la forestación, la reforestación y la restauración en el municipio de Querétaro y su área de influencia. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. 248 p.
- Sánchez Martínez, E., Hernández Martínez, M. M., Maruri Aguilar, B. (2017). Árboles nativos del estado de Querétaro con potencial ornamental: catálogo básico y formas de propagación. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. 56 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022). Trámites relacionados al tema de vida silvestre. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/tramites-relacionados-al-tema-de-vida-silvestre> (Consulta efectuada el 27 de mayo de 2025).
- Ugalde de la Cruz, Y. H., Maruri Aguilar, B., Carrillo Ángeles, I. G., Sánchez Martínez, E. (2014). Estrategias para la restauración con un enfoque agroforestal de áreas degradadas circunscritas por zonas urbanas en la región semiárida de Querétaro. *Nthe* 8:3-9.
- Vázquez Estrada, A. (2005). ¿Peregrinar o morir? Lugares sagrados entre los chichimeca-otomí. *Gazeta de Antropología* 21. <http://hdl.handle.net/10481/7209>
- Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. (1992). El bosque lluvioso en América Tropical: Dinámica forestal, reforestación, manipulación de las semillas y problemas de manejo. *Tree Planters' Notes* 43(4):119-124.
- Vovides, A. (2000). Aspectos curatoriales de un jardín botánico. En: Lascurain, M., Gómez, O., Sánchez, O., Hernández, C. C. (Eds.) (2000). *Jardines botánicos. Conceptos, operación y manejo*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos.
- Warrington, I., Janick, J. (2014). Scholarship and Literature in Horticulture. En: Dixon, G. R., Aldous, D. E. (Eds.) (2014) *Horticulture: Plants for People and Places, Volume 1. Production Horticulture*. Springer Science. Dordrecht, NL.
- Wilson, E. O. (2002). *The future of life*. Alfred A. Knopf Ed. Kindle Edition.
- World Resources Institute. 2003. Decisions for Earth: Balance, voice and power. UNEP, WB, World Resources Institute. En: Piñeiro, D. 2004. *Movimientos sociales, gobernanza ambiental y desarrollo territorial rural*. Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República. Uruguay. 47 p.
- Wyse Jackson, P. S. (1997). Botanic Gardens and the Convention on Biological Diversity. *Botanic Gardens Conservation News* 2(8):26-30.
- Zamudio, S., Rzedowski, J., Carranza, E., Calderón de Rzedowski, G. (1992). La vegetación en el estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. 92 p.
- Zepeda Gómez, C., Estrada Zúñiga, M. E., Burrola Aguilar, C., Manjarrez, J., White Olascoaga, L. (2023=) Diversidad, estructura y regeneración del bosque de *Abies religiosa* en una zona de hibernación de la mariposa monarca del centro de México. *Madera y Bosques* 29(2):1-19.

Prevenir, reducir y controlar las amenazas de la biodiversidad: el caso de la flora exótica invasora en Querétaro

Julieta A. Salome Díaz^{1,2,3} Yolanda Barrios Caballero⁴ y Jordan Golubov^{3*}

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado y ² Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 04510, México.

³ Laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México 04960, México.

⁴ Departamento de evaluación de invasividad de especies, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico Sur 4903, Ciudad de México 14010, México.

*jgolubov@gmail.com

Resumen

Las especies invasoras se reconocen como uno de los fenómenos más importantes en la pérdida de especies. Su manejo y control en México se estiman en 100 mil millones MXP por lo que es imperativo que se empiecen a ejercer mecanismos que ayuden a evaluar y disminuir el impacto tanto ecológicos como social y económico. Si utilizamos datos de acceso abierto y metodologías estandarizadas como primera aproximación podemos hacer las primeras evaluaciones de riesgo y así priorizar las especies y áreas a atender que optimicen el costo-beneficio. Utilizando datos de ocurrencias de especies exóticas de acceso abierto, encontramos 124 registros de 74 especies de plantas dentro del polígono que demarca la Región Terrestre Prioritaria El Zamorano. Las observaciones se encuentran muy localizadas y no hay suficiente información para la mayor parte de las especies reportadas para hacer análisis y priorizaciones adecuadas. Hay una necesidad de incrementar las observaciones y complementarlas con información sobre su abundancia, estado de invasión y riesgo.

Palabras clave: diagnóstico, invasividad, manejo de poblaciones de especies exóticas, métodos de priorización

Abstract

Invasive species are recognized as one of the most significant drivers of biodiversity loss. Their management and control in Mexico are estimated to cost approximately 100 billion MXP, making it important to implement mechanisms that help mitigate their ecological, social, and economic impacts. By using open-access data and standardized methodologies as a first approach, preliminary risk assessments can be conducted to prioritize species and areas for intervention, thereby optimizing cost-benefit outcomes.

Using open-access occurrence data for exotic species, we identified 124 records representing 74 plant species within the boundaries of the El Zamorano Priority Terrestrial Region. These observations are highly localized, and there is insufficient information for most of the reported species to support robust analyses and prioritization efforts. There is a clear need to increase the number of observations and to complement them with data on species abundance, invasion status, and associated risk.

Keywords: diagnosis, invasibility, invasive alien species, exotic species management, prioritizing methods

Antecedentes y definiciones

Las especies exóticas invasoras (EEI) han sido históricamente importantes desde una perspectiva agrícola, debido a los impactos que causan sobre algunos cultivos y sistemas productivos. Sin embargo, fue a partir de la segunda mitad del siglo XX, que comenzaron a reconocerse sus implicaciones ecológicas, con trabajos pioneros como el de Elton (1958). Durante las últimas décadas se ha generado un consenso internacional respecto a la magnitud del problema, impulsado por estudios que estiman los impactos económicos de las EEI en alrededor de 428 billones de dólares anuales (IPBES, 2023), incluyendo, entre otros aspectos, pérdidas asociadas con la agricultura, ganadería, daños a la salud humana y costos asociados al control de estas especies (Pimentel *et al.*, 2000).

De la mano con el aumento en la identificación de los impactos negativos que generan estas especies, se comenzaron a generar compromisos internacionales para prevenir, controlar o erradicar a las EEI que amenazan los ecosistemas (CDB, 1992), mismos que se reafirman en las posteriores Metas de Aichi (2010-2020) y el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal (CBD, 2022). Además, se desarrollaron y publicaron catálogos y bases de datos de especies exóticas y especies exóticas invasoras en distintos países, incluyendo listados de peces (Contreras y Escalante, 1984) y plantas (Villaseñor-Ríos y Espinosa-García, 1998) exóticas en México.

Estos compromisos a su vez generaron la necesidad de contar con marcos legales nacionales por parte de los países involucrados. En México, sin embargo, no se tuvo una definición legal clara al respecto, sino hasta 2010, cuando se estableció que una especie exótica invasora es cualquier especie no nativa capaz de sobrevivir y reproducirse fuera de su área de distribución natural, y que constituye una amenaza para la biodiversidad, la economía o la salud pública (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016). México también realizó la Estrategia Nacional Sobre Especies Invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010), en la cual se plantearon acciones estratégicas, objetivos, metas específicas y acciones prioritarias

encaminadas a la prevención, el control y la erradicación de especies invasoras en el país.

El artículo 8(h) del CBD reconoce a las especies exóticas invasoras como agentes de cambio importantes y el compromiso de las partes para disminuir los efectos de las especies exóticas invasoras y las define como especies que se encuentran fuera de su rango de distribución natural y su área de dispersión potencial. Incluye cualquier parte del organismo que pueda sobrevivir y reproducirse subsecuentemente y que sea un agente de cambio y amenaza a la biodiversidad nativa (<https://www.cbd.int/invasive/terms.shtml>).

Por lo tanto, para que una especie sea considerada exótica invasora primero tiene que superar barreras geográficas, al ser introducida con ayuda humana más allá de lo que su capacidad de dispersión se lo permite. También debe de superar barreras de supervivencia y de reproducción, al ser capaz de generar poblaciones autosuficientes, y finalmente barreras ambientales y de dispersión al ser capaz de dispersarse más allá del sitio al que fue introducida originalmente. Para que una especie exótica se considere invasora, además, debe de causar impactos negativos ya sean ambientales, económicos o sociales (Blackburn *et al.*, 2011).

Sin embargo, no todas las especies que son introducidas a algún sitio logran invadir exitosamente (Blackburn *et al.*, 2011). Para explicar los factores que influyen en el éxito o fracaso de una invasión se han propuesto diversas hipótesis, que pueden agruparse en cinco enfoques principales: disponibilidad de recursos y otras características del ecosistema invadido, interacciones ecológicas, presión del propágulo, rasgos de las especies, y enfoques coevolutivos (Enders *et al.*, 2020). Aunado a los factores que influyen en el éxito de invasión, no se puede descartar que las condiciones ambientales actuales, resultado de factores de cambio global, influyan directamente sobre la capacidad de adaptación de las especies exóticas, y sobre la capacidad de colonización de algunas especies nativas (Finch, 2021).

El futuro y el costo de las invasiones biológicas

Estimaciones recientes han evidenciado un incremento constante en la presencia de especies exóticas invasoras de diversos taxa en ecosistemas terrestres y acuáticos (IPBES, 2023). Las actividades humanas, particularmente el aumento del transporte impulsado por intereses económicos, han facilitado el establecimiento y la dispersión de EEI. Además, los efectos negativos de estas especies no siempre son inmediatos, generando una “deuda de invasión” que conduce a subestimaciones del daño potencial que podrían ocasionar (IPBES, 2023).

Los costos asociados a las invasiones biológicas a nivel global son significativos y se proyecta que no disminuirán en el futuro (Diagne *et al.*, 2021). México no es la excepción. Según estimaciones, los costos relacionados con las EEI en el país alcanzaron aproximadamente US\$ 5.33 billones (equivalentes a MXN 100.84 mil millones) entre 1992 y 2019 (Rico-Sánchez *et al.*, 2021), siendo el sector agrícola el más afectado, con gastos estimados en US\$ 1.01 billones (MXN 19.1 mil millones), seguido por el sector pesquero, con aproximadamente US\$ 517.24 millones (MXN 9.79 mil millones). La mayor parte de estos costos corresponde a daños en recursos, como pérdidas en cultivos, que alcanzaron US\$ 4.29 billones (81% del total, $n=57$). Por otro lado, los costos de manejo —incluyendo prevención, control y erradicación— representaron aproximadamente una cuarta parte del gasto total. Es importante señalar que estas cifras solo reflejan alrededor del 10% de los daños potenciales, ya que no existe información completa sobre los costos asociados de la gran mayoría de las especies presentes en México (Rico-Sánchez *et al.*, 2021).

Estos estudios indican que los daños ocasionados por las EEI son sustanciales, afectando principalmente al sector agrícola; además, se proyecta que los costos aumentarán en el futuro debido a diversos motores de expansión, tanto directos como indirectos. Sin embargo, cabe destacar que actualmente solo contamos con una fracción del costo real que generan estas invasiones. Aunque la situación no es alentadora, resulta imperante implementar acciones a diferentes niveles para mitigar los efectos de las EEI

y reducir su impacto en los ecosistemas y las actividades humanas.

La disponibilidad de información y la toma de decisiones

Aunque existe una creciente disponibilidad de datos sobre la presencia de EEI en México, la información requerida para la toma de decisiones en su manejo va más allá de su simple detección. Es cada vez más importante disponer de datos sobre el potencial de invasión, considerando elementos intrínsecos de las especies y sus interacciones, como la dinámica y estructura poblacional (Arroyo-Cosultchi *et al.*, 2022), la abundancia (Ramírez Gutierrez, 2016), las fases fenológicas (Salomé Díaz *et al.*, 2023), la diversidad y estructura genética (Guerra García *et al.*, 2016), así como los atributos como la velocidad y porcentajes de germinación (Martínez Peralta *et al.*, 2024). Existe también información incipiente acerca de los efectos ambientales que pueden facilitar la invasión, como la influencia de la huella humana (Salomé Díaz *et al.*, 2021), y sobre la distribución potencial de varias EEI bajo diferentes escenarios de cambio climático, la cual puede consultarse en plataformas como el Geoportal de CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>).

Sin embargo, estos estudios son aislados y abordan únicamente un número limitado de especies, dificultando el diseño de planes de manejo adaptativos y efectivos.

Por otro lado, aunque en México el reconocimiento institucional del problema ha mejorado, reflejado en avances normativos, así como en la generación de herramientas como los visores de la

CONABIO (<https://www.barometro biodiversidad.com/>, www.encyclovida.mx) y en la inclusión del tema en agendas ambientales internacionales (Tabla 1), la aplicación en campo aún presenta desigualdades. Además, desde el punto de vista normativo la lista de especies exóticas (Semarnat, 2016) está desactualizada y resulta limitada en su alcance. Es necesaria una mayor coordinación entre diferentes sectores —ambiental, agrícola, salud pública— y a distintas escalas de acción (local, estatal y federal). Además, resulta fundamental la creación de marcos

conceptuales claros en español, que permitan estandarizar la terminología y facilitar la comunicación y el entendimiento general, contribuyendo así a una mejor implementación en la toma de decisiones.

Tabla 1. Algunos ejemplos de normatividad internacional.
Basado en Ortiz-Monasterio (2014).

Convenio Internacional para la Protección de las Plantas (IPPC)
Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE)
Organización Mundial de la Salud (WHO)
Programa Global de Especies Invasoras (GISP)
Convenio de Diversidad Biológica (CBD)
Lineamientos para la Prevención de la Pérdida de Biodiversidad causada por Especies Invasoras Exóticas de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza
Plan Estratégico Norteamericano de Cooperación en la Conservación de la Biodiversidad de la CCA
Red Interamericana de Información sobre biodiversidad (IABIN)

Estado actual de especies invasora en México y en el estado de Querétaro y camino a seguir

En México, se registra un mínimo de 1107 especies de plantas exóticas y al menos 663 especies de animales exóticos (CONABIO, 2025). Dentro del conjunto de especies exóticas invasoras (EEI), se identifican aproximadamente 209 especies de plantas, 141 especies de vertebrados y 51 especies de insectos, de las cuales, en el estado de Querétaro se han documentado 96 especies de plantas (equivalente al 45% del total de EEI en México), 32 especies de vertebrados (23%) y 12 especies de insectos (23% del total nacional) (CONABIO, 2025). Estas cifras representan, sin duda, una estimación conservadora, ya que se considera que la presencia real de EEI en Querétaro probablemente sea mayor, pero aún no ha sido completamente documentada. La presencia de estas especies, combinada con factores como el intenso impacto humano, la disponibilidad de recursos y la diversidad de ambientes, incrementa significativamente el potencial invasivo de varias EEI

en diversos ecosistemas, incluyendo áreas de conservación (Del Val *et al.*, 2015).

El estado de Querétaro exhibe un número considerable de especies exóticas, siendo notable la elevada presencia de gramíneas introducidas, que representan aproximadamente el 46% del total de EEI en México (Ramírez Gutiérrez, 2016; Salomé-Díaz *et al.*, 2023). Estos pastos se encuentran estrechamente asociados a disturbios antropogénicos como desmontes, incendios y cambios en el uso del suelo, mostrando una alta resistencia a perturbaciones y una notable capacidad de dispersión. En particular, las gramíneas exóticas presentan características adaptativas que dificultan su erradicación, incluyendo la perennidad, la reproducción vegetativa, la alta producción de semillas y la tolerancia a condiciones ambientales adversas.

Los primeros pasos para abordar el problema de las EEI consisten en la adopción de criterios estandarizados que puedan ser aplicados a distintas escalas y grupos taxonómicos (Wilson *et al.*, 2020a). Aunque algunos marcos de referencia para priorizar el manejo de EEI han sido desarrollados en ciertos contextos específicos (Ziller *et al.*, 2020), no existe actualmente un marco general de carácter internacional ni nacional que pueda ser adoptado de manera homogénea. Ya existen iniciativas preliminares para la implementación de marcos internacionales, como el EICAT para la clasificación de impactos ambientales de taxones exóticos (IUCN, 2020) y rutas de introducción (CDB, 2014), sin embargo, su adopción sigue siendo limitada, debido a que requieren ser adaptados a las necesidades y experiencias de los usuarios. Además, barreras como el idioma, la falta de incentivos y la complejidad de su aplicación dificultan su implementación generalizada (Wilson *et al.*, 2020b).

A pesar de la escasa disponibilidad de información, uno de los primeros pasos para formular estrategias de manejo efectivos de EEI es establecer criterios de priorización que permitan optimizar los recursos. La primera etapa en este proceso consiste en la identificación de las EEI en unidades espaciales definidas y estandarizadas. En México, se han utilizado escalas de 5' x 5' para delimitar áreas de interés, como en la Sierra Gorda (<http://shiny.conabio.gob.mx/shiny2/app/>) y para

grandes biomas del país, mediante sistemas que identifican la presencia de EEI (https://www.barometro biodiversidad.com/visuales/visual_mex.html). Un segundo elemento crucial es la aplicación de metodologías de evaluación de riesgo apropiadas para el contexto mexicano (Barrios *et al.*, 2014; Golubov *et al.*, 2014), así como de métodos que permitan identificar la posición de las especies dentro de la escala continua de introducción, naturalización e invasión (INI), propuesta por Blackburn *et al.* (2011). Además, metodologías basadas en indicadores como la Extensión de Ocurrencias (EOO) y las Áreas de Ocupación (AOO) (Dauby, 2020) también han sido empleadas como insumos para determinar prioridades en la gestión de EEI (Figura 1; Ramírez Gutiérrez, 2016).

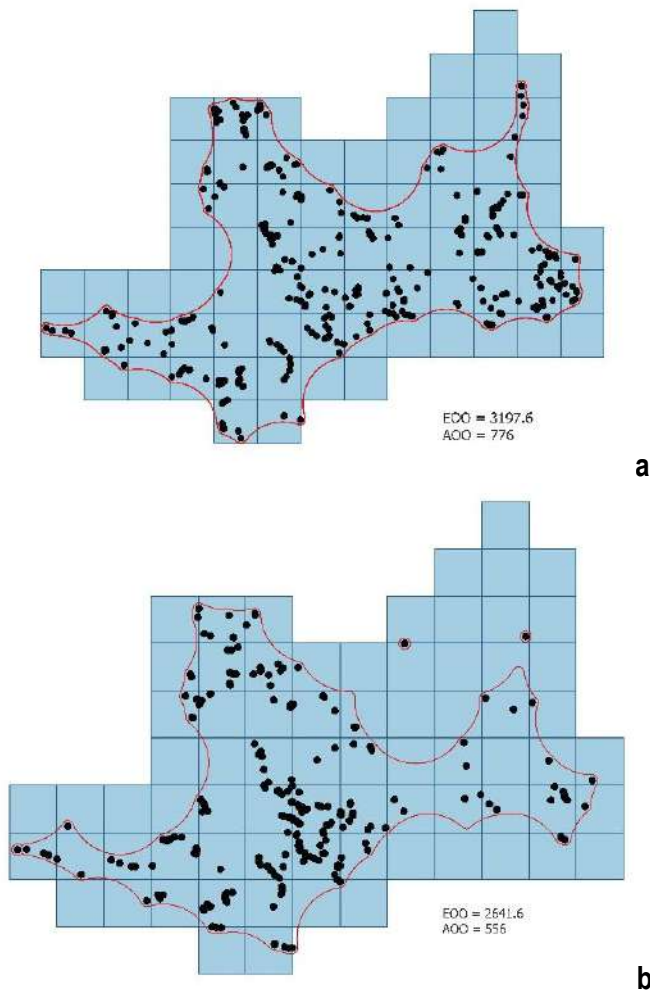


Figura 1. Análisis de los criterios extensión de ocurrencia (EOO) y área de ocupación (AOO) utilizando los datos de presencia de (A) *Aloe vera* y (B) *Arundo donax* y el programa ConR (Dauby, 2020) en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro

Si bien se ha avanzado a nivel internacional en formular los marcos de referencia para evaluar y priorizar a las EEI, en México tenemos limitantes de idioma (la mayor parte de la literatura es en otros idiomas), hay pocos esfuerzos por hacer compatibles los métodos de evaluación nacional con los estándares internacionales (excepto algunos casos como la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, 2024) y hace falta información importante como riesgo, estado de invasión y frecuencia que pueda ser utilizada en sistemas de priorización como los usados en Brasil (Ziller *et al.*, 2020).

El caso de El Zamorano

Para empezar la planeación y priorización de EEI en El Zamorano, se consultaron las bases de datos de GBIF (GBIF.org, 23 junio 2025. GBIF Occurrence Download (<https://doi.org/10.15468/dl.3nt2fr>) y se utilizó como mapa base la delimitación de El Zamorano como Región Terrestre Prioritaria (RTP 100) descrita en CONABIO (2004). Se obtuvieron 124 registros correspondientes a 47 especies exóticas comprendidas en 21 familias vegetales (Tabla 2). La distribución de estos registros se concentra en la zona central, lo que evidencia la necesidad de explorar la totalidad de El Zamorano empleando una metodología estandarizada que permita caracterizar el estado de invasión y priorizar el manejo de las especies exóticas presentes (Figura 2). Esto implica la compartimentalización en unidades homogéneas en las que se pueda evaluar y monitorear no solo la presencia de las especies, sino también su densidad y extensiones ocupadas.

Un segundo hallazgo relevante es la sobre representación de la familia Poaceae dentro de los registros, un patrón consistente con lo reportado a nivel estatal (Ramírez Gutiérrez, 2016). Uno de los principales retos que enfrenta actualmente El Zamorano en materia de invasiones biológicas es la escasez de información. Aunque existen observaciones de diversas especies dentro del polígono, para poder hacer análisis más efectivos se requiere de más observaciones de las poblaciones establecidas, que permitan calcular valores como el EOO (Figura 3). De las 47 especies de plantas

exóticas e invasoras registradas en El Zamorano, únicamente 17 tienen más de 3 registros, y sólo 15 tienen los registros mínimos indispensables para calcular indicadores clave como el EOO y AOO. El resto de las especies presentan registros para sólo una o dos poblaciones, lo que podría indicar una subrepresentación del número real de poblaciones que se encuentran en El Zamorano o una oportunidad de erradicación temprana.

Llevar a cabo una evaluación de las especies exóticas e invasoras en El Zamorano, utilizando una metodología estandarizada similar a la empleada en la Sierra Gorda requeriría de una inversión estimada de entre 60,000 y 70,000 MXP dependiendo de la factibilidad de acceso a las diferentes zonas dentro de la RTP El Zamorano y variaciones en los precios al consumidor. Esta estimación se basa en viáticos y gastos de campo de \$1025 MXP (viáticos aprobados por día para territorio nacional) por 60 días (3 personas por 20 días de muestreo). Este tipo de evaluaciones no sólo contemplan el registro de la presencia y número de poblaciones, sino también su tamaño (en número de individuos o cobertura), datos necesarios para informar los criterios de priorización para su manejo. Además, incluyen la evaluación del estado de invasión (contenida, casual, naturalizada, invasora) y del nivel de riesgo que representa cada especie, utilizando herramientas como el MERI (actualmente solo 9 especies de las 47 especies exóticas registradas en El Zamorano cuentan con evaluaciones de riesgo y por lo tanto están clasificadas como invasoras, Tabla 2).

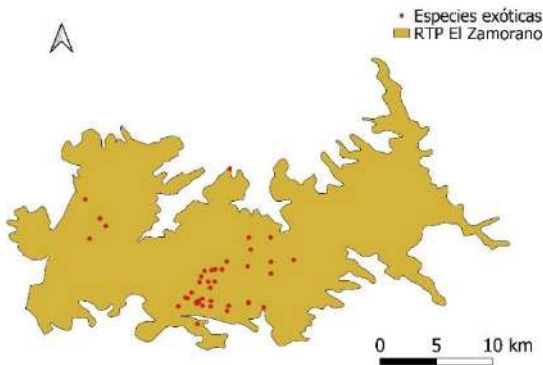


Figura 2. Localidades de especies exóticas y especie exóticas invasoras a partir de información compilada de GBIF dentro del polígono de la Región Prioritaria terrestre El Zamorano.

Tabla 2. Registros por familia de especies exóticas y exóticas invasoras. Entre paréntesis se muestra el número de especies exóticas clasificadas como invasoras a partir de la evaluación de riesgo de invasividad (CONABIO, 2025) Información generada a partir de datos de GBIF registrados dentro del polígono de la Región Terrestre Prioritaria (RTP 100) El Zamorano.

Familia	Especies exóticas (invasoras)	MERI
Poaceae	11(4)	3
Asteraceae	4(1)	1
Brassicaceae	4	
Rosaceae	3	
Lamiaceae	2(1)	1
Apiaceae	1(1)	1
Apocynaceae	1	
Araceae	1(1)	1
Caryophyllaceae	1	
Chenopodiaceae	1	
Commelinaceae	1	
Crassulaceae	1	
Euphorbiaceae	1	
Fabaceae	1	
Geraniaceae	1(1)	1
Plantaginaceae	1	
Polygonaceae	1(1)	1
Portulacaceae	1	
Primulaceae	1	
Solanaceae	1	
Tropaeolaceae	1	

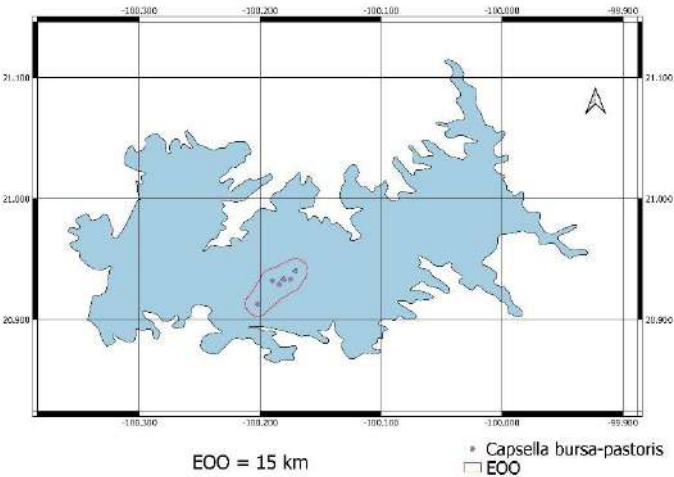


Figura 3. Análisis de los criterios de la extensión de ocurrencia utilizando datos de ocurrencia de *Capsella bursa-pastoris* y el programa ConR para la RTP El Zamorano.

Conclusiones

El manejo de las EEI en México, y particularmente en el estado de Querétaro, enfrenta diversos desafíos tanto a nivel técnico como institucional. Recientemente, se ha reconocido la necesidad imperante de pasar de un enfoque reactivo a uno preventivo, fortaleciendo los sistemas de monitoreo, evaluación de riesgo y priorización de acciones basadas en evidencia. Para lograr esto, es fundamental realizar una inversión sostenida en investigación ecológica aplicada, así como en la formación de capacidades técnicas locales que puedan apoyar la gestión eficaz de estas especies.

La flora exótica invasora, en especial las gramíneas, representa una amenaza silenciosa pero persistente para la biodiversidad, que requiere estrategias integrales, interdisciplinarias y de carácter multiescalar. El trabajo presentado busca contribuir al diagnóstico del problema y al diseño de soluciones más eficaces, con el objetivo de conservar el capital natural del país y reducir el impacto de las EEI en los ecosistemas mexicanos.

Referencias bibliográficas

- Arroyo-Cosultchi G., Golubov J., Solórzano J., Mandujano M.C. (2022). Prescriptions for the control of a clonal invasive species using demographic models. *Plants* 11, 689
- Barrios, Y., G. Born-Schmidt, A.I. González, P. Koleff y Mendoza, R. (2014). Avances en el desarrollo de criterios para definir y priorizar las especies invasoras, en R. Mendoza y Koleff, P. (coord.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 113-121
- Blackburn T. M., Pyšek P., Bacher S., Carlton J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., J. R. U. Wilson J. R. U Richardson D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 26: 333-339.
- CDB (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica. En línea: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- CDB (2014) Vías de Introducción de Especies Invasoras, su priorización y gestión. UNEP/CBD/SBSTTA/18/9/Add.1. Montreal, 18 pp.
- CDB. (2022). Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming–Montreal. Decision 15/4, U.N. Doc. CBD/COP/DEC/15/4.
- CONABIO. (2004). 'Regiones Terrestres Prioritarias'. Escala 1:1000000. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2025). Información sobre especies invasoras en el sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Consultado 20 de junio 2025.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México
- Contreras-B, S. and Escalante-C., M.A. (1984). Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico; pp. 102–130, in: W.R. Courtenay and J.R. Stauffer (eds.). *Distribution, Biology and management of exotic fishes*. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Dauby G. 2020. ConR: Computation of Parameters Used in Preliminary Assessment of Conservation Status. Version: 1.3.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ConR>
- del-Val, E., Balvanera, P., Castellarini, F., Espinosa-García, F. J., Murguía, M., Pacheco, C. (2015). Identifying areas of high invasion risk: a general model and an application to Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(1), 208-216.
- Diagne, C., Leroy, B., Vaissière, A. C. Gozlan R. E., Roiz D., Jarić I., Salles J.M., Bradshaw C.E. & Courchamp F. (2021). High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature* 592, 571–576.
- Elton C. L. (1958). *The Ecology of invasions by animals and plants*. University of Chicago Press, Chicago and London, 2000.
- Enders M., Havemann F., Ruland F., Bernard-Verdier M., Catford J.A., Gómez-Aparicio L., Haider S., Heger T., Kueffer C., Kühn I., Meyerson L.A., Musseau, C., Novoa, A., Ricciardi, A., Sagouis, A., Schittko, C., Strayer, D.L., Vilà, M., Essl, F., Hulme, P.E., van Kleunen, M., Kumschick, S., Lockwood, J.L., Mabey, A.L., McGeoch, M.A., Palma, E. Pyšek, P., Saul, W.-C., Yannelli, F.A., Jeschke, J.M. (2020). A conceptual map of invasion biology: Integrating hypotheses into a consensus network. *Global Ecol Biogeogr.* 2020; 29: 978–991.
- Finch, D. M., Butler, J. L., Runyon, J. B., Fettig, C. J., Kilkenny, F. F., Jose, S., ... & Amelon, S. K. (2021). *Effects of climate change on invasive species. Invasive species in forests and rangelands of the United States: a comprehensive science synthesis for the United States forest sector*. 57-83. Springer.
- Golubov, J., Mandujano, M.C., Guerrero-Eloisa, S., Mendoza, R., Koleff, P., González, A.I., Barrios, Y., y Born-Schmidt, G. (2014). Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras, en Mendoza, R. y Koleff, P. (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 123-133.
- Guerra García, A., Mandujano, M.C., Golubov, J. (2015). Invasion of *Kalanchoe* by clonal spread. *Biological Invasions* 17: 1615-1622.
- IPBES (2023). Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- IUCN (2020) IUCN EICAT Categories and Criteria. The Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT) First edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

- Martínez-Peralta .C, Altamirano-Vázquez H.G., Rojas-Aréchiga M., Mandujano M.C., Golubov J. (2024). Germination of the invasive succulent *Kalanchoe delagoensis* under controlled conditions. *Management of Biological Invasions* 15: 289-300.
- Ortiz Monasterio, A. (2014). Gestión de las especies exóticas invasoras: análisis de la legislación mexicana, en R. Mendoza y Koleff, P. (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 169-184.
- Pimentel, D., Lach L., Zuniga, R., Morrison, D. (2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States, *BioScience* 50: 53–65,
- Ramírez Gutiérrez, M. C. (2016). *Atlas de plantas exóticas invasoras en el estado de Querétaro, Sierra Gorda, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rico-Sánchez A.E., Haubrock P.J., Cuthbert R.N., Angulo E., Ballesteros-Mejía L., López-López E., Duboscq-Carra V.G., Nuñez M.A., Diagne C., Courchamp F. (2021). Economic costs of invasive alien species in Mexico. In: Zenni R.D., McDermott S., García-Berthou E., Essl F. (Eds) *The economic costs of biological invasions around the world*. *NeoBiota* 67: 459-483.
- Salomé Díaz J., Golubov J., de la Torre Sifuentes SI., Ramírez Gutierrez C., Mandujano M.C. (2021). Invasion potential of Mexican terrestrial ecosystems. En T Pullaiah and MR Ielmini *Invasive Alien Species: Observations and Issues from Around the World*. Vol 4, Capítulo 8 pp. 143-152. Primera Edición. John Wiley & Sons Ltd.
- Salomé-Díaz J., Golubov J., Segura O., Ramírez-Gutiérrez M.C., Sifuentes de la Torre S., Koleff P., Quintero E., Martínez-Chacón A.J. (2023). Practice makes the expert. The importance of training volunteers in the generation of phenological data from photographs of biodiversity observation platforms. *PLOS One*: 1:17.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (2016). *Especies exóticas invasoras atribución de la SEMARNAT*. Publicada el 19 de diciembre de 2016 en el Diario Oficial de la Federación.
- Villaseñor-Ríos, J. L., y Espinosa-García, F. J. (1998). *Catálogo de Malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wilson, J.R.U., Bacher, S., Daehler, C.C., Groom, Q.J., Kumschick, S., Lockwood, J.L., Robinson, T.B., Zengeya, T.A., Richardson, D.M. (2020a). Frameworks used in invasion science: progress and prospects. In: Wilson, J.R., Bacher, S., Daehler, C.C., Groom, Q.J., Kumschick, S., Lockwood, J.L., Robinson, T.B., Zengeya, T.A., Richardson, D.M. *Frameworks used in Invasion Science*. *NeoBiota* 62: 1-30.
- Wilson, J.R.U., Datta, A., Hirsch, H., Keet, J.-H., Mboob, T., Nkuna, K.V., Nsikani, M.M., Pyšek, P., Richardson, D.M., Zengeya, T.A., Kumschick, S. (2020b). Is invasion science moving towards agreed standards? The influence of selected frameworks. In: Wilson, J.R., Bacher, S., Daehler, C.C., Groom, Q.J., Kumschick, S., Lockwood, J.L., Robinson, T.B., Zengeya, T.A., Richardson, D.M. *Frameworks used in Invasion Science*. *NeoBiota* 62: 569-590.
- Ziller, S.R., Dechoum, M.S., Silveira, R.A.D., da Rosa, H.M., Motta, M.S., da Silva, L.F., Oliveira, B.C.M., Zenni, R.D. (2020). A priority-setting scheme for the management of invasive non-native species in protected areas. In: Wilson, J.R., Bacher, S., Daehler, C.C., Groom, Q.J., Kumschick, S., Lockwood, J.L., Robinson, T.B., Zengeya, T.A., Richardson, D.M. *Frameworks used in Invasion Science*. *NeoBiota* 62: 591-606.

Comunicación efectiva del mensaje de conservación desde el Jardín Botánico Regional de Cadereyta

¹*Yazmín Hailen Ugalde de la Cruz, ¹María Magdalena Hernández Martínez y ¹Emiliano Sánchez Martínez

¹Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío”, Consejo de Ciencia y Tecnología de Estado de Querétaro (CONCYTEQ)

*jhugalde@concyteq.edu.mx

Resumen

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta, alineado con las políticas globales de conservación, emplea la educación ambiental como herramienta fundamental para promover la conciencia ecológica y el respeto por los sistemas de vida en la Tierra: la biodiversidad. La conservación de la naturaleza, según el Marco Mundial de Biodiversidad Kunming-Montreal, requiere una transformación cultural que conecte a las personas con su entorno. El Jardín Botánico se compromete a generar una cultura responsable con el entorno natural, centrada en el uso sustentable de recursos naturales, y fomenta la participación activa de la sociedad mediante actividades educativas, artísticas y culturales. Además, se posiciona como un centro educativo, de investigación científica, y también como un espacio accesible para aprender sobre la flora del Semidesierto y la importancia de su conservación. A través de programas como los Recorridos guiados, “El Club Naturalistas”, el curso de verano “Biodiversión”, talleres, exposiciones y las intervenciones en medios digitales, el Jardín Botánico ha logrado conectar a miles de personas con la naturaleza, especialmente a alumnos y estudiantes que son los futuros agentes para la conservación.

Palabras clave: conservación, educación no formal, alfabetización ambiental, enfoques educativos contextualizados cultural y territorialmente

Abstract

The Cadereyta Regional Botanical Garden, in line with global conservation policies, employs environmental education as a fundamental tool to promote ecological awareness and respect for the Earth's life-support systems—biodiversity. The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, highlights that conserving nature requires a cultural shift that reconnects people with their environment. The Botanical Garden is committed to fostering a culture of environmental responsibility, recognizing the scarcity of natural resources and encouraging active societal participation through educational, artistic, and cultural activities. Additionally, it serves as an educational center not only for scientific research but also as an accessible space where people can learn about the Semidesert's flora and the importance of its conservation. Through initiatives such as guided tours, the “Naturalistas Club,” the summer course “Biodiversión,” workshops, exhibitions, and digital media outreach, the Botanical Garden has successfully connected thousands of people with nature—especially schoolchildren and students, who are the future stewards of biodiversity conservation.

Keywords: conservation, non-formal education, environmental literacy, culturally and territorially contextualized educational approaches

Introducción

Lograr una transformación en la relación entre la sociedad y la naturaleza es uno de los grandes desafíos del presente; la conservación de la biodiversidad exige mucho más que la protección de los ecosistemas: requiere una transformación cultural que conecte profundamente a las personas con la naturaleza. Así lo establece el Marco Mundial de la Diversidad Biológica Kunming-Montreal, (CBD, 2022), que en su Sección K: Comunicación, educación, concienciación y adopción, resalta que la educación ambiental, el acceso a información clara, la participación social y la apropiación de valores colectivos son pilares indispensables para alcanzar una vida en armonía con la naturaleza.

Este enfoque global encuentra una expresión concreta en el trabajo del Jardín Botánico Regional de Cadereyta del Consejo de Ciencia y Tecnología de Estado de Querétaro (JBRC), cuyas políticas incluyen vincular a la sociedad con la naturaleza utilizando la educación ambiental, el arte y la cultura como medios para enseñar la importancia ecológica y económica de los recursos vegetales del Estado, y generar puentes reales entre la ciencia y la vida cotidiana.

Nuestro diagnóstico institucional reconoce la urgencia de intensificar la educación ambiental y elevar el conocimiento, particularmente el botánico, en todos los niveles de la población queretana, promoviendo una apropiación profunda de los valores de la biodiversidad y fomentando una cultura de consumo responsable, guiada por el principio de la escasez de los recursos naturales (Sánchez, 2016). Enraizar en la sociedad el paradigma del bien colectivo y la unidad con otras especies es un objetivo central que se persigue mediante actividades significativas, inclusivas y culturalmente contextualizadas.

El programa de educación para la conservación que llevamos a cabo cotidianamente, intra y extra muros al Jardín Botánico, está alineado con las políticas estatales, nacionales e internacionales. Se sustenta en un *Proyecto Conceptual, Metodológico y de Prácticas* (Sánchez y Galindo, 2009), que contiene 37 conceptos primarios cuyo propósito es elevar la conciencia ecológica y el alfabetismo ambiental de los visitantes que tutelamos

cotidianamente. Es por medio de esta pedagogía existencial —referida a la existencia propiamente humana, caracterizada por la conciencia, la libertad y la responsabilidad— que ubicamos a los seres humanos en la auténtica dimensión que el hombre juega en la biosfera terrestre. En todos los casos, se busca favorecer una sincronización profunda entre las personas y su paisaje —el del Semidesierto—, de manera que la sociedad, en reciprocidad con los beneficios que recibe del entorno natural, se convierta en su principal aliada y defensora.

En el siguiente texto describimos los diversos instrumentos y actividades que el Jardín Botánico ha desarrollado en los últimos años demostrando que la conservación puede y debe ser una experiencia educativa, cultural y comunitaria; profundamente humana, enraizada en el territorio y orientada a la acción colectiva, capaz de inspirar y movilizar a todos los sectores sociales.

En coherencia con esta visión, todo proyecto que se desarrolle en el marco de la Iniciativa “Tejiendo el Zamorano”, que impulsa la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (SEDESU) y que da origen a esta compilación, debe asumir, sin excepción, la divulgación de la ciencia como eje fundamental y motor de su desarrollo, y consolidarse como principio rector de la articulación efectiva entre el hombre y la naturaleza, en un paisaje donde la riqueza biológica y la complejidad social se enfrentan y se potencian mutuamente.

Jardines botánicos, espacios de sentido educativo

En el escenario global de pérdida acelerada de biodiversidad, los jardines botánicos son espacios fundamentales para la conservación de la flora y la educación científica. La creación de una colección botánica, concebida inicialmente para sostener la investigación científica de la flora y el desarrollo de la horticultura de las plantas silvestres, se convierte en un espacio vivo y dinámico que trasciende su propósito original: auténticas aulas vivas donde el conocimiento botánico se combina con la acción por la conservación de la biodiversidad y la participación ciudadana, promoviendo aprendizaje profundo,

conciencia ambiental y un vínculo directo entre las personas y la naturaleza.

Particularmente, estos espacios contienen un potencial clave para promover el conocimiento y la conservación vegetal ante todos los públicos, de modo que, de manera estratégica, contribuyen a las metas de conservación derivadas de los mandatos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que en México entró en vigor el 29 de diciembre de 1993; a la fecha, 196 países son parte de este compromiso multilateral, reafirmando la urgencia y relevancia de su implementación.

Gracias a su carácter accesible, diverso y sensorial, estos espacios son escenarios privilegiados para el aprendizaje no formal, a través de visitas escolares, señalética interpretativa, talleres y actividades comunitarias, de tal manera que permiten aprender de manera vivencial sobre la diversidad vegetal, sus funciones ecosistémicas, sus usos culturales, las amenazas que enfrentan y como consecuencia la importancia de la conservación. (Falkenberg y Stenmark, 2020).

Centros como el Jardín Botánico Regional de Cadereyta son ejemplo de este compromiso, al desarrollar e implementar un modelo educativo propio que, además de comunicar y sensibilizar al público sobre la importancia de la diversidad vegetal, se encuentra plenamente alineado con los marcos estratégicos de conservación vegetal a nivel nacional e internacional. Cabe destacar la participación activa del JBRC en la construcción de estos instrumentos, en los cuales los jardines botánicos se reconocen como actores clave.

En México, a través de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos A.C., estos sitios han asumido activamente su rol dentro de la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal 2012-2030 (EMCV), particularmente en lo que refiere al Objetivo 6: “Educación y cultura ambiental hacia una conciencia social responsable”. A través de programas profesionales, estos espacios promueven el acercamiento de diversos públicos —niños, jóvenes, docentes, visitantes locales y turistas— al conocimiento de la flora nativa, sus usos culturales y su valor ecológico. Esta labor educativa contribuye directamente a formar una ciudadanía informada y

comprometida con el uso sustentable de los recursos vegetales (Martínez *et al.*, 2012).

Este esfuerzo educativo se alinea también con los objetivos de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y su Plan de Acción 2016–2030, donde se reconoce la necesidad de fortalecer la educación ambiental y la comunicación de la ciencia como medios fundamentales para fomentar el conocimiento, el aprecio y la participación social en la conservación de la biodiversidad. En este sentido, los jardines botánicos funcionan como puentes entre la ciencia y la sociedad, acercando los valores ecológicos y culturales de la flora mexicana a distintos sectores de la población mediante procesos educativos accesibles, participativos y transformadores (CONABIO, 2016).

A nivel global, el Marco Mundial para la Biodiversidad Kunming-Montreal (2022–2030) ha reforzado la importancia de la educación ambiental como una herramienta transversal para alcanzar sus metas, tal como se expresa en la Sección K de este Marco. Asimismo, con su Objetivo 21 se procura garantizar que el conocimiento esté disponible y accesible para orientar las acciones en materia de biodiversidad. Al hacerlo, facilitan que la sociedad entienda los desafíos que enfrenta el planeta y participe activamente en las soluciones (CBD, 2022).

Por otra parte, la recientemente actualizada Estrategia Global para la Conservación de Plantas 2020–2030 (GSPC, por sus siglas en inglés) sustentada por el Convenio de Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés), continúa destacando la importancia del papel educativo para la conservación; en su Meta 21 establece la urgente necesidad de comunicar efectivamente el valor de la diversidad vegetal en todos los sectores de la sociedad (CBD, 2012).

En conjunto, los jardines botánicos representan mucho más que centros de conservación *ex situ*. Son aulas vivas, abiertas a la comunidad, donde la educación ambiental se cultiva con rigor científico y sensibilidad social. Gracias a su labor, las estrategias de conservación adquieren un rostro humano y cercano, convirtiéndose en conocimiento compartido y en acción concreta a favor de la biodiversidad.

El papel del Jardín Botánico Regional de Cadereyta en la educación no formal para promover una cultura ambiental y naturalística

Ubicado en la región semiárida del estado de Querétaro, el Jardín Botánico Regional de Cadereyta del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) constituye un espacio fundamental para la conservación de la flora del Semidesierto Queretano-Hidalguense y para la promoción de una cultura ambiental basada en el conocimiento y el respeto por la biodiversidad (Figura 1). Este Jardín ha consolidado su línea de acción en torno a tres objetivos estratégicos: la conservación de colecciones *ex situ*, la investigación científica orientada a la protección de especies nativas y, de forma muy destacada, la educación ambiental como herramienta de transformación social (Sánchez, 2015), criterios que operan en consonancia con lo establecido por el Botanic Gardens Conservation International (BGCI, por su siglas en inglés) en su definición formal sobre los principios esenciales de lo que debe ser un Jardín Botánico (Wyse-Jackson y Sutherland, 2000).

El componente educativo del jardín es atendido por un equipo especializado que, a través del Programa de Educación Ambiental (PEA), brinda acompañamiento, orientación e interpretación a visitantes de todos los niveles educativos. Este programa opera bajo un esquema de educación no formal, lo que permite una mayor flexibilidad metodológica para adaptarse a diferentes públicos, contextos y formas de aprendizaje. La educación no formal abarca actividades formativas organizadas fuera del sistema oficial, dirigidas –potencialmente– a todos los distintos grupos de la población. (Cabalé y Rodríguez Pérez de Argueda, 2017). En los jardines botánicos, estas experiencias permiten explorar temas y enfoques que la enseñanza formal no alcanza, ofreciendo aprendizajes más vivos y cercanos a la realidad. Su enfoque parte de la idea de que conocer el entorno natural es un primer paso indispensable para valorarlo, protegerlo y convivir armónicamente con él (Sánchez y Galindo, 2011).

En su diseño pedagógico, el PEA incorpora principios de la psicología ambiental, la ética

ecológica y la filosofía de la educación ambiental, entendiendo que la crisis ecológica no solo es un problema técnico o científico, sino también cultural, ético y emocional. Así, se busca fomentar una conexión más profunda entre las personas y su territorio, a partir del conocimiento biológico de la flora local y del reconocimiento del papel fundamental que tienen las plantas en el equilibrio ecológico y el bienestar humano (Sánchez y Galindo, 2011).



Figura 1. El Claustro introductorio de las Familias Botánicas Relevantantes del Semidesierto es la puerta de conexión entre la naturaleza y el mundo urbano.

Con el objetivo de fortalecer la conexión entre los individuos y los sistemas naturales, y de fomentar el desarrollo de la inteligencia naturalística como una competencia cognitiva esencial, el PEA implementa un enfoque integrador sustentado en la transversalidad del conocimiento (Rosete *et al.*, 2022). En este marco, se articula un “Diagrama de 37 conceptos para alinear el pensamiento con la naturaleza” se trata de una estructura conceptual compuesta por nociones interdependientes que sistematizan el saber científico en torno al rol estratégico de las plantas como base funcional de los ecosistemas y soporte de la vida en la Tierra (Figura 2). Este modelo educativo, concebido como una herramienta de interpretación ecológica, facilita la comprensión holística de los procesos naturales, promueve el pensamiento sistémico y estimula la conciencia socioambiental. Los conceptos están organizados en cinco macrocategorías

temáticas: el origen de la vida, los procesos de evolución biológica, el uso racional de los recursos naturales, la interacción del ser humano con su

ambiente y los principios de la economía ecológica (Sánchez *et al.*, 2012).

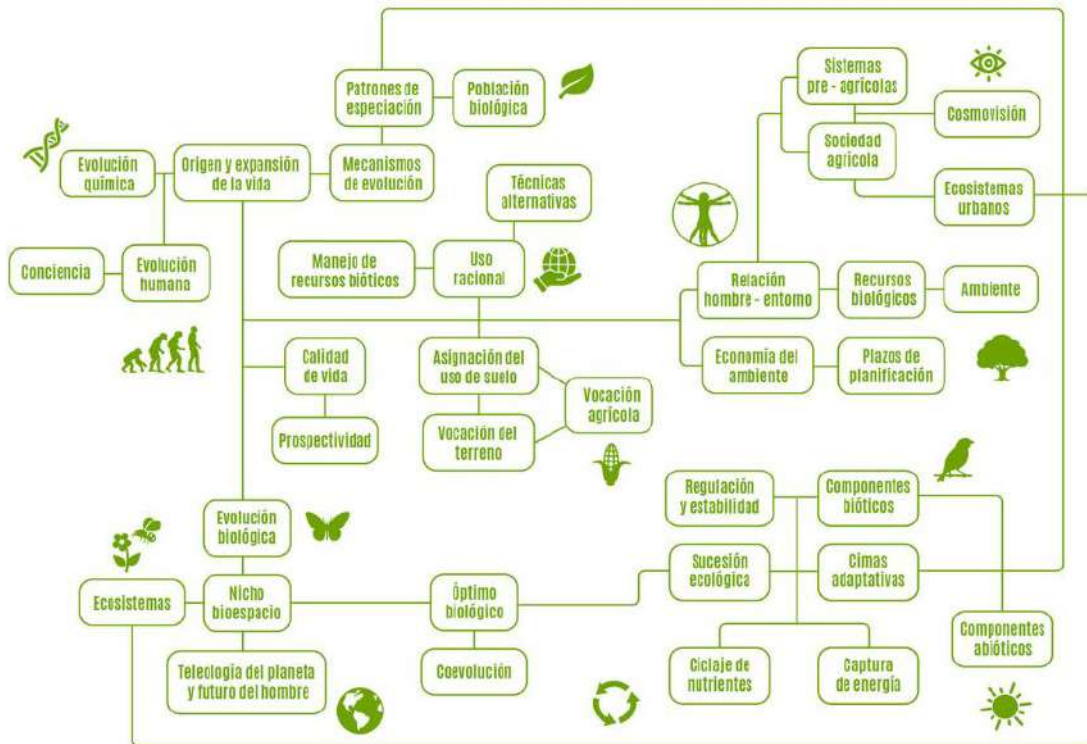


Figura 2: Diagrama de los 37 conceptos para alinear el pensamiento con la naturaleza (Sánchez *et al.*, 2012).

Más que transmitir datos, el jardín busca generar experiencias educativas significativas que despierten la curiosidad, el asombro y el sentido de responsabilidad ambiental en cada visitante. Al promover un aprendizaje activo, sensible y multidisciplinario, el PEA fortalece la inteligencia naturalística y ofrece herramientas para interpretar la realidad desde una perspectiva ecológica y solidaria. En un mundo cada vez más desconectado de la naturaleza, espacios como este se convierten en verdaderos laboratorios vivos que procuran abonar a la formación de ciudadanos más conscientes, informados y comprometidos con el respeto por la vida en la Tierra.

Guiños de vinculación social con el ambiente

Diseñar actividades que conecten a la sociedad con los hallazgos de la ciencia —en este caso, sobre medio ambiente y biodiversidad— de una manera clara, inspiradora y significativa, demanda una visión

comprehensiva, sustentada, y profundamente pedagógica. Guiados por esta convicción, nuestro Jardín Botánico ha creado las siguientes estrategias educativas y de comunicación:

En contacto con la naturaleza a través del tutelaje

Las visitas guiadas tuteladas en el Jardín Botánico representan un modelo educativo basado en el acompañamiento y la enseñanza personalizada. Este enfoque fomenta un aprendizaje activo y vivencial, que trasciende la mera instrucción. Su objetivo es transmitir, de manera natural y fluida, los fundamentos científicos de la conservación, despertar una ética ambiental y conmover al visitante con la emoción única que se experimenta al adentrarse en un fragmento vivo del Semidesierto (Figura 3). Este sitio representa una oportunidad invaluable para la educación y el enriquecimiento de la cultura ambiental de nuestros visitantes, impactando positivamente a distintos sectores de nuestra sociedad: educativo, turístico y público en general. Una

encuesta de salida nos proporciona retroalimentación principalmente sobre el desempeño de los guías y, además, ofrece valiosa información cualitativa sobre la experiencia y el aprendizaje de los visitantes, la cual en más del 90% de los casos es positiva (Sánchez, 2024a).



Figura 3. Atención y tutela de visitantes para fortalecer el conocimiento de la biodiversidad queretana.

Intervención educativa en los medios virtuales

Las redes sociales se han convertido en un canal de comunicación demandado por diversos sectores de la sociedad para mantenerse informados. Para fortalecer y focalizar la intervención del Jardín Botánico Regional de Cadereyta en los medios sociales, se estructuró y conceptualizó una iniciativa específica dirigida para mantener el vínculo intelectual y emocional con nuestra audiencia, denominada #NaturalezaADomicilio, una propuesta que se ha encargado de promover la educación ambiental a través de las redes sociales desde 2020, y cuya ejecución involucra el trabajo de diseñadores gráficos y la experiencia técnica del equipo del Jardín

Botánico. El material didáctico y de divulgación que se publica, destaca el conocimiento sobre la diversidad vegetal queretana y procura estimular la capacidad de asombro de nuestro entorno natural (Sánchez, 2024b).

Algunos ejemplos de las actividades y materiales difundidos en las plataformas de comunicación sociales que han incentivado la apropiación del conocimiento por parte de quien sigue y ha contribuido al crecimiento de los seguidores del Jardín Botánico son: A) #ViveElBotánico: una aproximación a los procesos ecológicos y biológicos que ocurren al interior del Jardín Botánico, mediante imágenes e información acerca de fenómenos como: la polinización, la fenología, el tránsito migratorio, las adaptaciones a la aridez, el encuentro silvestre con carismáticos animales, y otros. B) Infografías: una estrategia visual y didáctica con elementos gráficos atractivos han servido para reforzar el conocimiento de nuestra audiencia, brindándole nueva información sobre especies icónicas del Semidesierto Queretano-Hidalgense. C) Hilos informativos: acrecientan la información de especies emblemáticas del Semidesierto mediante una narrativa amena y cautivadora que conforman en hilo narrativo se acompañan de imágenes concretas facilitando su lectura. D) Series educativas: informan, educan y concientizan a la población sobre temas varios. Entre los que se han publicado están: fenómenos fenológicos estacionales, amenazas a la biodiversidad, especies exóticas invasoras, términos y conceptos básicos de las ciencias botánicas, acervos de árboles y arbustos del bosque tropical caducifolio ideales para la forestación, reforestación y restauración del paisaje, plantas xerófitas adaptadas al uso eficiente del agua, e incluso una serie dedicada a la etimología de los nombres científicos de especies emblemáticas del Semidesierto (JBRC, 2024) (Figura 4).

Un espacio educativo donde ¡aprendemos siempre!

Dentro de nuestras estrategias educativas se incluye el curso de verano llamado “Biodiversión”, que tiene en su haber 12 ediciones. Es un programa de actividades planificadas anualmente para transmitir valores psicosociales que beneficiarán a la naturaleza y a la

biodiversidad del Semidesierto queretano. Este curso, que se ofrece a los niños y niñas en educación primaria, con énfasis a los residentes de la cabecera municipal de Cadereyta de Montes, se implementa durante las vacaciones de verano durante dos semanas, con el patrocinio del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) y la participación de divulgadores e investigadores de instituciones públicas y privadas regionales, estatales y nacionales. Las actividades incluyen el formato de talleres, prácticas, demostraciones experimentales actividades artísticas, ejercicios físicos y rally de conocimiento. Todo esto, en un ambiente de unidad entre los participantes y el entorno vegetal que ofrece la colección viva del jardín botánico (Sánchez, 2024b).



Figura 4. #NaturalezaADomicilio, iniciativa de comunicación para promover la educación ambiental mediante redes sociales.

Club de ciencia para cultivar a inteligencia naturalística de los infantes

Este es un programa educativo anual dirigido a los niños y niñas de la región, y busca promover el acercamiento con las ciencias naturales a través de los sentidos y la interacción con el entorno, procura actividades que despierten su curiosidad por el mundo natural y estimula una perspectiva integral y

familiarización con las disciplinas científicas para cultivar su inteligencia naturalística. A través de este programa, se procura inculcarles el amor y la simpatía por su tierra, sus plantas y sus animales. Los niños asisten mensualmente e interactúan con el Jardín Botánico y sus plantas para estimular su inteligencia naturalística mediante actividades que buscan inquietar y estimular su conocimiento (JBRC, 2024) (Figura 5).



Figura 5. El Club científico Naturalistas, un programa educativo dirigido a niños y niñas de la región para promover el acercamiento con las ciencias y cultivar su inteligencia naturalística.

Programa de intervenciones radiofónicas

Al acervo de actividades educativas del jardín botánico se suman las intervenciones radiofónicas en la estación de radio local de Cadereyta de Montes. El personal del jardín botánico ha participado en un formato de entrevistas cortas para compartir temas que comunican el mensaje de la conservación a la audiencia del Semidesierto queretano (Sánchez, 2024b).

Conectando a la gente con las plantas a través del arte

En la colección viva del jardín botánico se ha establecido una ruta artística educativa de carácter permanente, mediante un circuito de cinco murales que contiene una narrativa pictórica que se complementa con discursos *ex profeso* redactados, y se comparte con los visitantes tutelados para acrecentar y acendrar sus conocimientos sobre la flora

del Semidesierto Queretano-Hidalguense, su ecología y su relevancia para el género humano (JBRC, 2024) (Figura 6).

Muestras visuales dentro y fuera del Jardín

Los muros que acompañan la colección viva del Jardín Botánico también se han vestido con una serie de exposiciones que añaden un vínculo en favor de la biodiversidad queretana. Esto reafirma el compromiso institucional de transmitir conocimiento de calidad a sus visitantes y progresar en la valoración integral de los bienes naturales. Algunos ejemplos de estas exposiciones han sido el material gráfico titulado “*Especies exóticas invasoras en México, una amenaza para todos*” y “*El maguey, más mexicano que el pulque*”, ambas con material gráfico

proporcionado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México (CONABIO). Otra instalación gráfica es la titulada “*Ex-tinciones... Haikú*”, exposición que se alza en mamparas de piedra al interior de la colección botánica, es una muestra de poemas breves al estilo del Haikú, japonés, cuyo autor es el Ing. Emiliano Sánchez, director del jardín botánico, y están dedicados a las especies queretanas de cactáceas en riesgo. Adicionalmente, se ha experimentado con exposiciones urbanas como “*Plantas que nos fascinan por su belleza y su rol ecológico*”, colección de pendones instalados sobre el camino que desemboca al jardín botánico y que buscan dialogar con la sociedad queretana acerca del cuidado de la naturaleza (Sánchez, 2024b).



Figura 6. La Ruta de los Murales, paredones educativos que complementan los recorridos didácticos del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. En la imagen, el Mural “Savia de Vida”.

Otras actividades educativas primordiales que ejecuta el jardín ocurren fuera de sus límites. La *Feria de Ciencias*, promovida por el CONCYTEQ, cuenta con la presencia anual del Jardín Botánico Regional

de Cadereyta, que participa pedagógica y lúdicamente con una muestra educativa interactiva y conceptualizada para las audiencias infantiles queretanas, para construir un vínculo de empatía

ciudadana y profundizar sobre el mensaje de conservación biológica de las plantas nativas del estado de Querétaro (Figura 7).



Figura 7. Intervención educativa en la Feria de Ciencias (CONCYTEQ) a través de un módulo didáctico interactivo emplazado por el Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

La *Expo Cactus y Suculentas del Semidesierto*, es otro de los eventos que contribuye a fortalecer los procesos estratégicos de conservación de la flora queretana a través del fomento al aprovechamiento sustentable de la flora nacional, promoviendo el conocimiento y el afecto por la diversidad de las especies de la familia Cactáceas y otras suculentas a través de la exposición y venta de ejemplares propagados artificialmente e incentivar la importancia de la educación ambiental y la concientización sobre los temas de la crisis ambiental que enfrenta la biodiversidad y la humanidad (Sánchez, 2024). Este es un evento anual que tiene lugar en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro.

La educación ambiental en el Jardín Botánico: una semilla de esperanza

A pesar de la dimensión de este centro y de su relativamente breve historia, estamos convencidos de que nuestra propuesta educativa para el conocimiento y la conservación de la naturaleza siembra semillas de esperanza en este Semidesierto. Hemos sido testigos de cómo niñas y niños, tras vivir experiencias prolongadas en el Jardín, han afianzado su vocación naturalística o fortalecido su inclinación hacia el

cuidado del entorno. Hoy, muchos de ellos se han convertido en profesionales de la materia o mantienen una profunda afición por el estudio y la protección de las plantas, y la naturaleza toda, en su dimensión ecosistémica; una pasión que, con gran probabilidad, se traduce —o lo hará en el futuro— en acciones efectivas para la conservación sobre todo ante la desafiante crisis de la biodiversidad en la que el mundo está inmerso.

La esencia de nuestra metodología radica en la capacidad de traducir el conocimiento científico que encierra el concepto de biodiversidad y llevarlo al terreno de la vida cotidiana. Este esfuerzo fortalece un puente bidireccional entre sociedad y naturaleza. Sabemos que una sola visita guiada, una infografía, un taller o una conferencia no generan por sí mismos una transformación social. Sin embargo, la semilla que depositamos en cada visitante a través de la educación representa un acto de esperanza que se multiplica al integrarse en un proceso colectivo más amplio, tanto en el ámbito local como en el global, del que nuestra institución orgullosamente es parte.

En este sentido, nuestra misión educativa, como lo hemos dicho ya, no se limita a transmitir conocimiento o a instruir, buscamos ser, más bien, un guía-acompañante-tutor que busca en sus tutelados inquietar, despertar el pensamiento crítico y nutrir la sensibilidad hacia la vida. Aspiramos a que, en cualquier momento de su vida -niños, adolescentes y adultos- encuentren en lo aprendido con nosotros un motivo para construir activamente una comprensión profunda de su entorno y, desde el conocimiento y la emoción, fortalecer la relación entre el ser humano y la naturaleza (Figura 8).



Figura 8. Un Naturalista cadereytense interactuando con semillas de mezquite (*Neltuma laevigata*).

Epílogo propositivo

Modelo educativo del Jardín Botánico Regional de Cadereyta: un referente para la conservación a través de la conciencia ambiental

La iniciativa “Tejiendo el Zamorano” constituye un esfuerzo estratégico que permite la conservación de una zona de alta relevancia ecológica, como lo es el cerro El Zamorano (CONABIO, 2007). Liderado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Querétaro (SEDESU), este proyecto se distingue por incorporar los tres pilares fundamentales del modelo de gobernanza ambiental para la gestión de bienes comunes: participación social, corresponsabilidad institucional y toma de decisiones informadas. En este contexto, la educación ambiental se posiciona como un eje articulador clave, no solo por su función en la transmisión de conocimientos ecológicos, sino por su capacidad de construir referentes éticos, habilidades socioambientales y marcos conceptuales que sustentan proyectos de conservación desde una perspectiva comunitaria. Además, promueve la cohesión social y el empoderamiento local mediante la provisión de información confiable y pertinente para la toma de decisiones colectivas.

La experiencia educativa desarrollada por el Jardín Botánico Regional de Cadereyta constituye un modelo replicable y adaptable para el diseño e implementación de programas de conservación y

educación ambiental en otras regiones con características ecológicas y socioculturales similares a las de su área de influencia. Este sitio, se especializa en el estudio, manejo y difusión de la flora nativa del Semidesierto Queretano, y se ha consolidado como un referente científico y educativo en la conservación de especies nativas, amenazadas y de importancia ecológica de la región, así como en la interpretación del paisaje natural.

El enfoque pedagógico del jardín se basa en el respeto por el conocimiento local, la interpretación ambiental desde una perspectiva biológica regional y la integración social a través de experiencias significativas con la naturaleza. Esta propuesta educativa genera aplicaciones prácticas que fortalecen los vínculos entre sociedad y entorno, con pertinencia cultural y territorial. En consecuencia, este trabajo no solo provee herramientas metodológicas para la réplica de acciones de conservación, sino que también inspira estrategias innovadoras, sustentables y culturalmente sensibles para fomentar una cultura ambiental participativa y transformadora.

Una propuesta concreta derivada de la experiencia del Jardín Botánico, y que se considera estratégica para el fortalecimiento de “Tejiendo el Zamorano”, es la creación e institucionalización de un Centro de Cultura Ambiental *in situ*. Este espacio funcionaría como núcleo articulador de actividades educativas, investigación participativa y divulgación científica en torno a la conservación de su Biodiversidad. Su consolidación a mediano plazo representaría un avance significativo hacia el reconocimiento del área de El Zamorano como una zona prioritaria para la conservación natural y cultural: biocultural.

A partir de los elementos anteriores, se proponen las siguientes recomendaciones y líneas de acción orientadas a fortalecer la relación entre la sociedad queretana —particularmente la comunidad de El Zamorano— y su entorno natural:

- Integración transversal de la educación ambiental en todos los niveles y ámbitos de la comunidad.
- Institucionalización de la educación no formal como herramienta de transformación social.
- Fomento de la inteligencia naturalista desde edades tempranas, en sintonía con los

principios de la “nueva biología” (NRC, 2009).

- Fortalecimiento de las estrategias de comunicación y sensibilización mediante el uso de medios digitales.
- Impulso a la colaboración interinstitucional y con actores comunitarios.
- Desarrollo de enfoques educativos contextualizados cultural y territorialmente.
- Promoción del trabajo colaborativo entre equipos multi e interdisciplinarios.
- Profesionalización de los agentes dedicados a la educación ambiental.
- Asignación de recursos financieros adecuados y sostenibles.
- Implementación de mecanismos de evaluación continua del impacto educativo y social.

Ratificando, la educación ambiental, entendida como una herramienta estratégica para la conservación, ha demostrado ser eficaz no solo en la transferencia de conocimientos, sino en la transformación de actitudes, la generación de empatía hacia la naturaleza y el fortalecimiento de procesos de corresponsabilidad en la protección del entorno. En este sentido, las iniciativas de esta naturaleza como la del Jardín Botánico, constituyen no sólo una fuente de inspiración, sino también una guía metodológica para avanzar hacia una cultura ambiental más consciente, incluyente y territorialmente pertinente.

Conclusión

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta desempeña un papel destacado en la educación ambiental y la conservación de la biodiversidad, especialmente en la región del Semidesierto Queretano-Hidalguense. Su enfoque educativo, que integra ciencia, arte y cultura, busca transformar la relación de la sociedad con la naturaleza, promoviendo una conexión profunda que fomente la protección del medio ambiente. Al dirigir sus esfuerzos principalmente a la infancia y mediante la implementación de programas educativos no formales, el Jardín Botánico contribuye significativamente a la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos con la conservación de los recursos naturales, lo que es esencial para

enfrentar la crisis ecológica global y encauzar a la Biodiversidad hacia la conservación.

En el marco del Seminario “El Zamorano: Biodiversidad y comunidad”, el cual dio origen a este manuscrito, “Tejiendo el Zamorano” representa una iniciativa oportuna y necesaria. Impulsarla desde un enfoque de gobernanza territorial podría constituir el punto de partida para el reconocimiento efectivo del valor ecológico y socioambiental de esta región, cuyas contribuciones —en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos históricos para el Estado de Querétaro— trascienden ampliamente sus límites político-administrativos y exigen respuestas integradas y sostenibles.

Referencias bibliográficas

- Cabalé Miranda, E. y Rodríguez Pérez de Argueda, M. (2017). Educación no formal: potencialidades y valor social. *Revista Cubana de Educación Superior*, 1:69-83.
- CONABIO. (2007). Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy - Programa México (TNC), Pronatura.
- CONABIO. (2016). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBioMex) y Plan de Acción 2016 – 2030*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/enbiomex>
- CBD. (2012). *Global Strategy for Plant Conservation (GSPC)*. Convenio sobre la Diversidad Biológica y Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.
- CBD. (2022). Marco mundial Kunming-Montreal de la diversidad biológica. Convenio sobre la Diversidad Biológica, Programa para el Medio Ambiente (ONU). Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/c/2c37/244c/133052cdb1ff4d5556ffa94/cop-15-l-25-es.pdf>
- Falkenberg, T., y Stenmark, M. (2020). Botanic gardens and education for sustainability: Ambivalence and possibilities. *Environmental Education Research*, 26(6), 762–778. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1754341>
- Jardín Botánico Regional de Cadereyta (JBRC). (2024). Página web: <https://www.jbrc.concyteq.edu.mx/>
- Martínez, L., Franco, V., y Balcázar, T. (2012). *Plan de Acción de Educación Ambiental para los Jardines Botánicos de México*. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos. México.
- NRC (2009). *A New Biology for the 21st Century: Ensuring the United States Leads the Coming Biology Revolution*. National Academies Press. Washington, DC: www.nap.edu/catalog.php?record_id_12764
- Rosete, F., Escalera-Matamoros, C., Ayala-Orozco, B., García-Frapolli, E., y Galán-Guevara, C. (2022). Transversalidad en políticas mexicanas de conservación de la biodiversidad: Coinbio y

- Corredor Biológico Mesoamericano. *Economía, Sociedad y Territorio*. 21(67). <http://dx.doi.org/10.22136/est20211660>
- Sánchez Martínez, E. (2015). *El Jardín Botánico Regional de Cadereyta: un espacio visual y contextual para la flora de Querétaro*. Cuadernillo 4. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
- Sánchez Martínez, E. (2016). *Planeación estratégica 2016-2021, del Jardín Botánico Regional de Cadereyta-Versión 1.0* [Documento interno]. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro
- Sánchez Martínez, E. (2024a). *Informe Anual 2024. Jardín Botánico Regional de Cadereyta del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ)*. Secretaría de Educación. Gobierno del Estado de Querétaro.
- Sánchez Martínez, E. (2024b). *Memoria Documental. Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío"*. [Manuscrito inédito]. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ). Gobierno del Estado de Querétaro.
- Sánchez Martínez, E., y Galindo Sotelo, G. (2009). *Proyecto conceptual, metodológico y de prácticas para la educación ambiental en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ).
- Sánchez Martínez, E., y Galindo Sotelo, G. (2011). *Plan Integral para la Educación Ambiental en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío"*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ).
- Sánchez Martínez, E., Galindo Sotelo, G., Hernández Martínez M. M., y Maruri Aguilar, B. (2012). *37 key concepts to line up people with Nature*. BGCI's 8th International Congress on Education in Botanic Gardens. México City.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)*.
- Wyse Jackson, P. S., Sutherland, L. A. (2000). *Agenda Internacional para la Conservación en Jardines Botánicos (BGCI)*. Reino Unido. 94 p.

El nopal y su potencial benéfico para el hombre y el ambiente

Liberato Portillo Martínez
Departamento de Botánica y Zoología, CUCBA-Universidad de Guadalajara
portillo@cucba.udg.mx

Resumen

El nopal (*Opuntia* sps) es el grupo de las cactáceas que más se cultiva en el mundo, en particular la especie *O. ficus-indica* cuyo origen es netamente mesoamericano, pero que en la actualidad se le encuentra en una distribución pantropical y aún más allá. Esta planta se le considera un elemento vegetal útil, pero también como una planta invasora, sin embargo, esta visión negativa por lo regular es superada por los beneficios que se obtienen de ella, que son varios para el hombre (alimento, forraje, pigmento, medicina, cosmético, etc.) y el ambiente (prevención de erosión e incendios, mejorador de suelos, captura de CO₂, etc.)

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, beneficios, ecología

Abstract

Cactus pear (*Opuntia* sps.) is the most cultivated group of cacti in the world, particularly the species *O. ficus-indica*, which is of Mesoamerican origin but is currently found in a pantropical distribution and beyond. This plant is considered both a useful plant, but also an invasive element; however, this negative view is usually outweighed by its many benefits for humans (food, fodder, pigments, medicine, cosmetics, etc.) and the environment (erosion and fire prevention, soil improvement, CO₂ capture, etc.).

Key words: *Opuntia ficus-indica*, benefits, Ecology

Introducción

La familia Cactaceae comprende varios géneros de interés frutícola (*Escontria*, *Hylocereus*, *Myrtillocactus*, *Stenocereus*, etc.), entre los que resalta *Opuntia*, del que no sólo se aprovechan sus frutos, sino también sus cladodios que son tallos que se consumen como verdura y forraje, en particular los de la especie *O. ficus-indica*, que es la cactácea con la mayor superficie de cultivo del mundo (Kiesling, 1999). El origen de esta familia botánica es netamente americano, con especies propias del Caribe, y del centro, sur y norte de América. *O. ficus-indica* tiene un origen mesoamericano (Griffith, 2004), y es México en donde se encuentra la mayor diversidad intraespecífica. Sin embargo, a su distribución nativa, la mano del hombre le ha sumado ahora una distribución pantropical y aún más allá, logrando encontrarse prácticamente en todos los continentes. En muchas regiones de estos nuevos sitios la especie ha logrado una amplia colonización donde muchas veces se ha naturalizado (Kiesling y Metzger, 2017; Novoa *et al.*, 2014) y dominado sobre los elementos naturales de los ambientes en donde se le ha introducido, al grado de observarse una mexicanización del paisaje, ya que otros elementos de origen mesoamericano también se han introducido y comparten espacios dando una integración ecológica parecida a sus lugares de origen. Ejemplos de esta mexicanización se pueden observar en Perú y Bolivia en Sudamérica, Etiopía y Túnez en África y Arabia Saudita en Asia, por destacar sólo algunos sitios.

Llama la atención que aun siendo el nopal un recurso foráneo en las regiones donde no es nativa, los asentamientos humanos llegan a conformar una estrecha relación etnobotánica con esta planta mexicana, similar a la observada en los pueblos mesoamericanos, incluso algunas comunidades crean dependencia económica no sólo estacional, sino continua. Algunas de estas áreas consideran al recurso como propio al adoptarlo como si se tratará de un elemento nativo de su entorno, justo como sucede en Etiopía, Italia, Perú y otros países.

El presente documento tiene como objetivo presentar un breve panorama del gran beneficio que aporta el nopal al hombre y al ambiente, con ejemplos que ya son bien conocidos y algunos otros que se

pueden considerar no tradicionales, mismos que pueden ser de interés para el manejo del Cerro Zamorano.

Desarrollo

El nopal es un componente biótico que muestra, como todo factor, su dicotomía, en este caso el ámbito más conspicuo es aquel en que se le considera por un lado un elemento vegetal útil, pero por el otro también como una planta invasora, pero esta visión negativa por lo regular es superada por los beneficios que se obtienen de ella, originados éstos desde antes de la llegada de los europeos a tierras americanas. Aquí cabe hacer mención que la mancuerna del nopal con el agave ofreció a las culturas prehispánicas de México un excelente análogo al pastoralismo, que a diferencia de gran parte del mundo estuvo ausente en Mesoamérica (Parson y Darling, 2000). Gracias a ello, los antiguos mexicanos lograron una exquisita selección y domesticación de materiales vegetales que hasta hoy día se aprovechan en las diversas regiones del orbe donde crecen. El conocimiento en torno al beneficio del nopal que lograron las culturas mesoamericanas incluía el consumo de su fruta fresca (dulces y ácidas) y de los cladodios tanto tiernos como maduros. También conocieron el uso medicinal de la planta (oral y tópico) y aún más (Bravo-Hollis, 1978). Estas habilidades las aquilataban y transferían con sensibilidad a las nuevas generaciones como se puede entender en el Huehuetlatolli (León-Portilla, 2011), en el que basta un simple párrafo para ver un contenido multidisciplinario que conjuga ecología, agricultura, economía y otras áreas del saber (Figura 1).

Estos conocimientos se han prolongado a través del tiempo y llegan hasta nuestros días para complementarse con nuevos procesos biotecnológicos que aumentan más los beneficios de esta cactácea mediante sus diversos compuestos bioactivos (Pérez-Álvarez y Ardisana, 2025). La tabla 1 muestra un listado de los principales beneficios del nopal para el hombre.

A los beneficios del nopal para el hombre se deben sumar aquellos en interacción con el ambiente que también, indirectamente, favorecen al hombre. Algunos casos que se pueden mencionar como

ejemplos son la prevención de la erosión al retener el suelo por medio de sus raíces; su función como cortafuegos durante algún incendio, debido a que las plantas de nopal tienen un elevado contenido de agua y en altas densidades pueden funcionar como verdaderas barreras protectoras, entre otras funciones ecológicas.

No obstante, también se debe observar que, en regiones no nativas, el nopal se puede convertir en una planta invasiva con la capacidad de desplazar la flora local, y con ello modificar también el equilibrio de la fauna, como sucede de manera dramática con el mono babuino en Arabia Saudita (National Center for Wildlife, 2024). Sin embargo, el presente escrito trata de los beneficios del nopal, mismos que en la tabla 2 se presentan aquellos más comunes atribuidos del nopal hacia el ambiente, con los cuales conviene destacar que el nopal ofrece excelentes oportunidades para la generación de servicios ecosistémicos.

Siempre que se comentan los beneficios del nopal al hombre y al ambiente resulta que algunos de ellos no se enlistan, ya que, tanto en los sitios nativos como no nativos del nopal, siempre sorprende un aprovechamiento desconocido, innovador o que indirectamente se relaciona con esta planta, que fue elevada al nivel de divinidad (Teonochtli) por los aztecas. Esta consideración está bien justificada si se toma en cuenta todas las bondades que brinda, entre ellas resalta que es fuente de una bebida ceremonial denominada colonche que resulta un verdadero vino, producto de la fermentación del jugo de la tuna cardona, que bien puede considerarse de naturaleza enteógena¹.

De manera indirecta, el nopal es el productor de un pigmento ancestral a través de un insecto que lo parasita conocido como grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) y cuyo nombre náhuatl es nocheztli (sangre de nopal).

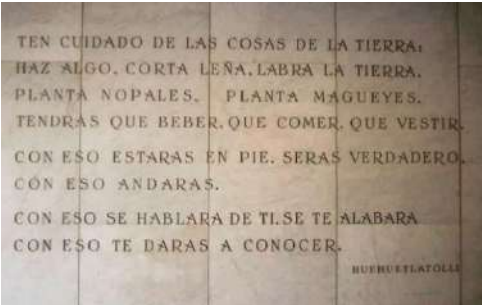


Figura 1. Fragmento del Huehuetlatolli que en el muro derecho de la entrada al Museo Nacional de Antropología e Historia (CDMX).

Tabla 1. Usos tradicionales e innovadores del nopal.

Frutos dulces como fruta y contra escorbuto
Frutos ácidos como verdura
Cladodios tiernos como verdura
Parénquima de cladodios maduros como carne
Semillas para preparar un tipo de mantequilla
Cladodios frescos y fermentados como forraje
Mucílago como fijador de enjarres y pinturas
Control tradicional de diabetes, colesterol e infección
Cladodios asados como cataplasma antiinflamatorio
Frutos y cladodios para elaborar pan, tortillas y otros
Cladodios como purificador de aguas
Cladodios para producir abonos orgánicos
Espinas como agujas para tatuajes y tocadiscos en fonógrafos
Semillas para aceite cosmético
Cáscara del fruto para elaborar pasta artesanal
Cladodios para productos del cuidado personal
Frutos para jugo, vinagre, salsa, mermelada y jalea
Cladodios tiernos en salmueras y similares
Cladodios para harina y liofilizados
Frutos para pectinas en productos alimenticios
Cladodios para producción de bioenergías
Cladodios para elaborar impermeabilizante
Cladodios como inhibidor de corrosión en acero
Cladodios como fuente de polímeros para plástico y piel
Cladodios en la elaboración de papel
Su metabolismo como modelo para estudios de otras plantas

Tabla 2. Beneficios del nopal para el ambiente.

Prevención de la erosión del suelo
Manejo del avance de la desertificación
Prevención contra el avance de incendios
Almacenamiento de agua
Captura de dióxido de carbono
Proveedor de materia orgánica al suelo
Oferta de alimento y nichos para la fauna
Mantenimiento del entorno ecológico
Elemento de biorremediación
Resiliencia al cambio climático

¹ Un enteógeno es una sustancia psicoactiva que se utiliza en contextos espirituales o religiosos para inducir estados alterados de conciencia. (N. del E.)

Este pigmento es una antraquinona que recibe el nombre de ácido carmínico, el cual ofrece dos puntos de reflexión en el espectro lumínico, uno hacia el violeta y otro hacia el rojo, de donde se desprende su principal uso como colorante. Además, el pigmento es estable a la luz y al calor, por lo que ofrece una diversidad de aplicaciones para teñir múltiples productos. Esta característica de permanencia se suma a otras dos que posee, una que permite que el color puede variar dependiendo del pH y la otra que es inocuo al ser humano; por lo tanto, resulta un pigmento con alta demanda para colorear alimentos, fármacos, cosméticos y muchos otros productos, aparte del más conocido que es para la tinción textil. Pero sin lugar a duda las aplicaciones más innovadoras del ácido carmínico no son como colorantes, llama la atención su potencial uso como agente antioxidante (González *et al.*, 2010), en la fabricación de celdas solares (Oroma, 2019) e inhibidor del crecimiento de microorganismos (Galán Luna *et al.* 2019). La tabla 3 recoge un listado de los usos más conocidos de la grana cochinilla.

Tabla 3. Usos de la grana cochinilla del nopal.

Colorante ceremonial en diversas culturas
Tinte para artesanías, arte y textiles
Colorante para la industria alimenticia
Pigmento para fármacos y cosméticos
Agente complejante (quelante)
Tinciones celulares e histológicas
Colorante en fotografía
En productos del cuidado personal
Sensibilización de celdas solares
Indicador ácido-base (pH) y en oximetría
Antioxidante
Crema para desmanchar la piel
Medicina tradicional
Producción de pigmentos híbridos
Modelo para investigaciones de disuasivos alimentarios
Inmovilización de diversos compuestos
Agente de control biológico

Al igual que el nopal, la grana cochinilla puede considerarse como invasora. Han existido casos de esta situación en Bolivia, Ecuador y Chile, pero el más conocido es el que ocurre actualmente en Etiopía, por lo que ya se trabaja en propuestas para

hacerle frente (Berhe *et al.*, 2023). Aquí es oportuno que el nopal también hospeda a otra especie de cochinilla también productora de carmín (*D. opuntiae*), la cual se ha convertido en una plaga insidiosa en Brasil y el área del mediterráneo, esta cochinilla se hospeda en más especies de *Opuntia* que *D. coccus* e incluso se le ha visto parasitar especies de *Opuntia* de origen sudamericano como *O. schickendantzii* y *O. brasiliensis*, así como en la centroamericana *O. hondurensis*. Pero como todo factor, un lado puede ser desventaja y el otro lo contrario; *O. schickendantzii* es una maleza en España (Sánchez Gullón *et al.*, 2014), misma que se puede controlar con *D. opuntiae* que ya está en la región.

Recomendaciones

Del desarrollo del presente manuscrito, se desprende que el nopal es un elemento común prácticamente en todas las regiones de México, tanto de manera silvestre y en cultivo, el Cerro Zamorano no es la excepción, por lo que es factible de implementar diversas formas de aprovecharlo. Esta idea puede ser planteada para aquellas áreas con necesidad de restauración o en comunidades en donde se desee implementar uno de los muchos sistemas productivos que ofrece esta planta. De acuerdo con las especies de *Opuntia* presentes en el área (Tabla 4), es posible implementar un aprovechamiento sostenible de este recurso; se puede partir, preferentemente, de las especies nativas. El uso más novedoso desde el punto de vista comercial de los nopales es como forraje, para ello bastará conocer de entre los ejemplares presentes, cuales son más prolíferos, su palatabilidad para el ganado objetivo y también que presenten menos espinas. Una ventaja es que la especie *O. robusta*, que ocurre en la región, es una planta sobresaliente para este propósito, por lo que es ampliamente utilizada en varias partes del país y en el mundo, en particular por su alta palatabilidad, aporte de humedad en la época de estiaje y excelente productividad de biomasa, con lo que se apoyaría la alimentación animal de las comunidades locales.

Tabla 4. Nopales (*Opuntia* spp.) presentes en el Cerro Zamorano.

Especie de <i>Opuntia</i>	Ocurrencia	Fuente
<i>O. robusta</i>	Nativa	Rzedowski, 1978; Zamudio <i>et al.</i> , 1992
<i>O. cantabrigiensis</i>	Nativa	Rzedowski, 1978; Zamudio <i>et al.</i> , 1992
<i>O. streptacantha</i>	Nativa	Rzedowski, 1978
<i>O. saliacantha</i>	Nativa	Rzedowski, 1978; Zamudio <i>et al.</i> , 1992
<i>O. engelmannii</i>	Nativa	Rzedowski, 1978; Zamudio <i>et al.</i> , 1992
<i>O. imbricata</i>	Nativa	Zamudio y col., 1992
<i>O. tomentosa</i>	Nativa	Gómez Sánchez, 1997
<i>O. ficus-indica</i>	Cultivada	Morales Juárez, 2020
<i>O. cochenillifera</i>	Cultivada	De Santiago, 2023

Propiamente el nopal no es una planta forrajera, pero combinado con rastros o en fermentación semisólida se incrementa el porcentaje de proteína disponible superior a un 20% (Flores-Hernández *et al.*, 2017), incluso como aditivo mínimo en las dietas para el ganado incrementa la calidad y sanidad de los productos pecuarios (Flores-Villa *et al.*, 2023). Por otro lado, ya que en el área de Cerro Zamorano se encuentran introducidas en traspatios las especies de nopal *O. ficus-indica* y *O. cochenillifera*, es factible la implementación de un sistema productivo de verdura (nopalitos) con estas plantas, para abastecer a las mismas comunidades o incluso ofertar a los poblados circundantes.

Estas dos ideas de aprovechamiento del nopal se pueden realizar dentro de los núcleos familiares en los linderos de sus propiedades, o en escala comercial se usarían aquellos terrenos que hayan quedado expuestos por un mal manejo del uso del suelo. La idea es impactar al mínimo el ambiente, por el contrario, se busca aprovechar las bondades que el nopal ofrece como lo son sus servicios ecosistémicos (Cactusnet Newsletter, 2024), en el control de la erosión del suelo y aún en el ciclo del agua por la retención que ejercen sus raíces, pero también como hábitat de polinizadores y fauna nativa, entre otros servicios.

Conclusiones

La integración del nopal como componente vegetal presente en las comunidades que habitan el área de Cerro Zamorano, puede ser la base inicial para vincular otras actividades encaminadas al manejo que sustente su aprovechamiento y conservación en conjunto de los elementos bióticos y abióticos

relacionados. El nopal en esta región existe de manera nativa, por lo cual su aprovechamiento puede convertirse en una actividad sostenible, pues el recurso es conocido y valorado por todo mexicano, lo cual facilitará su adopción en sistemas productivos. Paralelamente otros recursos ya presentes pueden seguir esta sugerencia de uso para que su integración en el manejo de la región sea más integral. Para ello es importante que los tomadores de decisión, conservacionistas y comuneros estén en vinculación para compartir responsabilidades y asegurar el buen funcionamiento de cualquier programa que se desee perseguir.

Referencias bibliográficas

Berhe, Y.K., Portillo, L. y Vázquez-Bolaños, M. (2023). Testing *Opuntia ficus-indica* genotypes for resistance against *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 49(2): 1-4.

Bravo-Hollis, H. (1978). *Las cactáceas de México*. Vol. 1 UNAM 743 p.

Cactusnet. 2024. Ecosystem services provided by cacti in drylands. Cactusnetwork Newsletter 17, 36 p.

De Santiago Hernández, M. H. (2023). Observación de iNaturalistMX [https://mexico.inaturalist.org/observations/247430212] (Consulta efectuada el 24 de junio de 2025).

Flores-Hernández, A., Araújo-Filho, J. T., Gomes da Silva, F., Ramírez-Ordoñez, S., y Murillo-Amador, B. (2017). Dietas a base de forraje tradicional y nopal (*Opuntia* spp.) enriquecido con proteínas para alimentar cabras. *Nova scientia* 9(18), 149-166. https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.828

Flores-Villa, D. Espinoza-Serrato, D.E., Pérez-Sánchez, R.E., Esquivel-Cordova, J. Gómez-Ayala, M.A. y Ortiz Rodríguez, R. 2023. Evaluación de la calidad de queso panela con la adición de metabolitos secundarios y harina de nopal. *Bol. Nakari* 34(3): 47-49.

Galán Luna, M.J., Hernández Pérez, V.H., Ramírez Contla, D.M., Flores Alatorre Hernández, L., Chávez Güitrón, L., y Garrido Hernández, A. (2019). Incremento del efecto antibiótico contra la cepa *Staphylococcus aureus* del extracto de grana cochinilla

- (Ac) con hidroxiapatita (HAp). *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* 7(especial 2): 14-18.
- González, E., García E. y Nazareno M. (2010). Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of cochineal (*Dactylopius coccus* C.) extracts. *Food Chemistry* 119(1): 358-362.
- Gómez Sánchez, M. (1997). *Flora vascular del cerro El Zamorano*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L002. México, D.F.
- Griffith, P. (2004). The origin of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): New molecular evidence. *American Journal of Botany* 91(11): 1915-1921.
- Kiesling, R. (1999). Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 50-59.
- Kiesling, R. y Metzger D. (2017). Origin and taxonomy of *Opuntia ficus-indica*. (pp: 13-19) In: *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO-ICARDA, Roma, Italia.
- León-Portilla, M. 2011. *Huehuetlatolli Testimonios de la Antigua palabra*. Fondo de Cultura Económica. 504 p.
- Morales Juárez, O. A. (2020). Observación de iNaturalistMX [<https://mexico.inaturalist.org/observations/259597744>] (Consulta efectuada el 24 de junio de 2025).
- National Center for Wildlife. 2024. National plan to solve the baboon problem by 2026. *Wildlife Magazine* issue 1. <https://ncw.gov.sa/magazine/en/article/national-plan-to-solve-the-baboon-problem-by-2026/>
- Novoa, A., Le Roux J. J., Robertson M. P., Wilson J. R. U. y Richardson D. M. (2014). *Introduced and invasive cactus species: a global review*. *AoB Plants*, 1-14.
- Oroma, N. A. (2019). Celdas solares sensibilizadas con ácido carmínico y con componentes naturales extraídos de la cascara de papaya y de la microalga *Scenedesmus obliquus*. Tesis de maestría. Tecnológico de Monterrey. 67 p.
- Parson, J. R. y Darling A. (2000). Maguey (*Agave* spp.) utilization in Mesoamerican civilization: A case for precolumbian "pastoralism". *Bol. Soc. Bot. México* 66: 81-91.
- Pérez-Álvarez, S., y Ardisana, E. F. H. (2025). *Opuntia* spp. *Superfood of the future and its biotechnological potential*. Deep Science Publishing. <https://doi.org/10.70593/978-93-49307-30-8>
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F. 433 p.
- Sánchez Gullón, E., Guillot Ortiz D. y Löde, J. (2014). Notas sobre cuatro cactáceas interesantes para la xenoflora española. *Acta Botánica Malacitana* 39: 242-245.
- Zamudio, S., Rzedowski, J., Carranza, E. y Calderón, G. (1992). *La vegetación en el estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología de Querétaro (CONCYTEQ), Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío.

Aportaciones de la academia a la conservación del terruño: Caso AState Querétaro

María Montserrat Juárez-Aubry*, Javier Gerardo Miguelena-Bada, Arturo Almanza-Escalante
Arkansas State University Querétaro;
*mjuarez@astate.edu.mx

Resumen

Este trabajo presenta las iniciativas actuales implementadas en Arkansas State University Querétaro, ubicada en el municipio de Colón, orientadas a la conservación de la biodiversidad y al cuidado del entorno local. Se analiza la evolución institucional y comunitaria en torno a la conciencia ambiental, destacando los avances en prácticas sostenibles, los logros alcanzados, las áreas de oportunidad identificadas y los planes estratégicos a futuro. Asimismo, se abordan estas acciones desde diversas perspectivas: las decisiones institucionales, los proyectos de investigación impulsados por el cuerpo académico y las propuestas emergentes de la comunidad universitaria. Este enfoque integral permite comprender el papel de la universidad como agente activo en la promoción de la sostenibilidad ambiental en su contexto regional.

Palabras clave: Academia, conservación, biodiversidad

Abstract

This paper presents the current initiatives implemented at Arkansas State University Querétaro, located in the municipality of Colón, aimed at biodiversity conservation and care of the local environment. It examines the evolution of institutional and community awareness of environmental issues, highlighting progress in sustainable practices, notable achievements, identified areas for improvement, and strategic plans for the future. These efforts are examined from multiple perspectives, including institutional decision-making, research projects led by faculty members, and proposals emerging from the university community. This comprehensive approach highlights the university's role as an active agent in promoting environmental sustainability within its regional context.

Keywords: Academia, conservation, biodiversity

Introducción

Las universidades, como centros generadores de conocimiento y formación de profesionales, tienen un papel crucial en la conservación de los ecosistemas, especialmente en contextos de alta biodiversidad y presión ambiental como el que caracteriza a México. A través de sus funciones sustantivas—investigación, docencia y vinculación con la sociedad—estas instituciones pueden incidir directamente en la protección, restauración y manejo sostenible de los recursos naturales en su entorno inmediato, apoyándose de su comunidad y sin aislarse de ella (Toledo y Barrera-Bassols, 2008). En este sentido, su localización geográfica y su capacidad institucional les permite convertirse en actores clave para impulsar iniciativas ambientales de largo alcance, particularmente en regiones ecológicamente sensibles o amenazadas.

En México, la región del Bajío, que abarca partes de los estados de Guanajuato, Querétaro, Jalisco, Aguascalientes y San Luis Potosí, representa un área de especial interés para la conservación. Esta zona, caracterizada por una transición entre ecosistemas del semidesierto y áreas agrícolas e industriales, enfrenta una creciente presión derivada del desarrollo urbano e industrial, así como del cambio climático (CONABIO, 2019). En este contexto, diversas universidades del Bajío han desarrollado proyectos enfocados en la conservación y restauración ecológica. Por ejemplo, la Universidad de Guanajuato ha promovido estudios sobre biodiversidad y ha establecido un Arboreto (jardín botánico) en su sede de Janicho, con el objeto de rescatar las plantas endémicas del lugar, cuidarlas y preservarlas (Universidad de Guanajuato, 2023). Otro ejemplo, es el de la Universidad Autónoma de Querétaro, que ha impulsado programas de monitoreo de fauna silvestre (Informe Queretano, 2024).

Estas acciones no solo aportan al conocimiento científico, sino que también fortalecen las capacidades locales para enfrentar desafíos ambientales. A través de alianzas con comunidades, gobiernos y organizaciones civiles, las universidades pueden escalar sus esfuerzos y generar impactos positivos en la conservación regional, convirtiéndose en nodos articuladores de sostenibilidad territorial.

Dada la cercanía geográfica con el Cerro del Zamorano, en este texto, analizaremos brevemente las acciones que ha realizado la Universidad Estatal de Arkansas Querétaro (AState-Querétaro) - una universidad de reciente creación - en un esfuerzo por contribuir a la conservación en sus alrededores.

La Universidad Estatal de Arkansas, Querétaro

AState-Querétaro forma parte del proyecto Elisia Education Hub, el cual busca traer al estado de Querétaro, programas de estudio de distintas universidades extranjeras. Su objetivo es romper barreras y empoderar a los jóvenes, facilitándoles el acceso a una educación internacional en México (Elisia, 2023). Su campus está localizado en la Carretera Estatal 100, kilómetro 17.5, en el municipio de Colón, Querétaro, México y actualmente cuenta con programas y convenios provenientes de la Universidad Estatal de Arkansas (Arkansas State University), la Universidad Estatal de Texas (Texas State University) y el Instituto de Tecnología de Nueva York (New York Institute of Technology).

La construcción del campus de Arkansas State University en Querétaro comenzó en febrero de 2014, con la colocación de la primera piedra en el municipio de Colón (Excélsior, 2014), mientras que la primera fase del campus se completó en septiembre de 2017, e incluyó ocho edificios principales: dos residenciales, dos académicos, tres de servicios, un recreativo y un área deportiva de tres hectáreas (Querétaro Quadratin, 2017).

Este campus inició ofreciendo programas en cuatro áreas del conocimiento: Negocios, Ingenierías, Artes Liberales y Comunicación, y Ciencias y Matemáticas.

Aportaciones de AState a la conservación.

El compromiso de Arkansas State University Querétaro con la conservación ambiental ha sido un proceso en evolución, marcado por aprendizajes, ajustes y mejoras continuas. Aunque no exento de retos y limitaciones en sus inicios, a lo largo del tiempo la universidad ha fortalecido de manera progresiva su enfoque hacia la sostenibilidad, integrando de forma cada vez más consistente la

conservación ambiental en sus actividades académicas, administrativas y comunitarias. Actualmente, este compromiso se refleja en tres esferas complementarias: las iniciativas académicas desarrolladas por el profesorado, las estrategias institucionales impulsadas desde la gestión universitaria y la participación activa de la comunidad estudiantil en diversos proyectos enfocados en el medio ambiente.

En el plano académico, los docentes del área de Biología han ido integrando gradualmente una perspectiva de conservación ambiental en su labor formativa que, con el tiempo se ha fortalecido a través del diseño de actividades de campo más estructuradas y alineadas con objetivos de monitoreo y conservación de la biodiversidad regional. A través de asignaturas como *Manejo de Vida Silvestre*, *Conservación y Mastozoología*, se han organizado visitas a diversos ecosistemas del estado de Querétaro y regiones aledañas, en las que se promueve el análisis crítico del entorno natural y la recopilación de datos relevantes para su estudio y protección. En el Bosque de las Hojas, en El Doctor (Cadereyta), se ha trabajado en el análisis del uso de hábitat de la ardilla de Peters (*Sciurus oculatus*) (Torres Campos *et al.*, 2023) y en la evaluación de la diversidad de insectos del suelo, con énfasis en las hormigas. En el Cerro de los Gallos (Amealco), se han desarrollado estudios sobre la dieta y actividad de la lagartija cornuda (*Phrynosoma orbiculare*), mientras que en el Río Escanela (Sierra Gorda) se ha reflexionado sobre las tensiones y sinergias entre las comunidades humanas y la conservación de la biodiversidad.

Además, como parte de la evolución de estas prácticas, se ha implementado el uso de cámaras trampa en los alrededores del campus para monitorear la presencia de fauna silvestre. Estos esfuerzos han permitido documentar especies como la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el zorrillo (*Mephitis macroura*), el correcaminos (*Geococcyx velox*), conejos del género *Sylvilagus* y diversos roedores, lo que ha fortalecido la comprensión sobre la conectividad ecológica en entornos periurbanos. Paralelamente, se han apoyado proyectos de investigación que han ganado profundidad y rigor con el tiempo, incluyendo estudios sobre la diversidad de

hormigas en paisajes en proceso de urbanización, el uso de hormigas como bioindicadores del cambio ambiental (Zamora Prieto, 2024), así como el registro de nuevas especies para el estado de Querétaro, como *Temnothorax hispidus*, *Solenopsis molesta* y *Tetramorium spinosum*.

En el ámbito institucional, el campus ha adoptado un enfoque integral y técnico en materia de conservación ambiental, destacando la presencia de un Departamento de Expansión que opera en estrecha colaboración con un especialista en impacto ambiental, el biólogo Arturo Almanza Escalante.

Esta unidad ha guiado el desarrollo físico del campus bajo principios de sustentabilidad ecológica, priorizando la conservación del entorno natural desde la planeación y ejecución de su infraestructura. Uno de los principios rectores ha sido la gradualidad en la construcción, lo que implica que únicamente se han intervenido las superficies indispensables para el desarrollo del proyecto. Este enfoque ha permitido minimizar la remoción de vegetación, favoreciendo su permanencia como parte del ecosistema y asegurando la continuidad de servicios ambientales fundamentales como la filtración de agua, el control de erosión hídrica y eólica, y la provisión de hábitat para fauna silvestre.

De manera complementaria, la universidad ha puesto en marcha un programa de rescate y reubicación de vegetación, orientado a conservar especies nativas afectadas por las obras, así como un protocolo de protección de fauna silvestre que incluye la localización, captura y reubicación de organismos en zonas naturales del campus que no han sido intervenidas y que se encuentran alejadas de la presencia humana. Estas acciones han permitido mantener un equilibrio ecológico funcional en el área intervenida, al tiempo que se construye infraestructura educativa.

En cuanto al consumo energético, el campus ha implementado diversas estrategias orientadas al uso de energías renovables y tecnologías de alta eficiencia. Entre estas destacan la instalación de luminarias solares en vialidades, el uso de paneles solares en estructuras específicas como la caseta de vigilancia, y la adopción de calentadores solares en los edificios académicos y administrativos. Asimismo, todo el campus ha sido diseñado bajo un

principio de ecoeficiencia, evitando el uso de aires acondicionados mediante soluciones arquitectónicas pasivas. Los edificios utilizan materiales termo-reguladores en fachadas, techumbres reflectantes y un diseño estratégico en la orientación y tamaño de ventanas que permite maximizar el aprovechamiento de la luz natural durante más horas del día, reduciendo así la demanda energética artificial.

La participación estudiantil en temas de conservación ambiental dentro de AState Querétaro ha seguido un camino similar al del resto de la institución: un desarrollo paulatino que ha ido ganando fuerza, estructura y visibilidad con el tiempo. Si bien al inicio las acciones eran más esporádicas y de alcance limitado, con el paso de los años los estudiantes han comenzado a consolidar proyectos con mayor profundidad y continuidad, en muchos casos organizados a través de clubes estudiantiles con enfoques claramente definidos.

Uno de los ejemplos más destacados es el club G.R.O.W. (Gran Restauración de Vida Silvestre, por sus siglas en inglés *Grand Restoration of Wildlife*), que ha impulsado diversas acciones en favor del entorno ecológico del campus. Este colectivo ha iniciado el registro sistemático de especies de polinizadores presentes en el campus universitario, estableciendo horarios de mayor actividad y documentando flores de preferencia. Esta actividad, además de tener valor académico, ha servido como motivación para otros proyectos de restauración, como la reintroducción de especies vegetales nativas con el objetivo de incrementar la cobertura vegetal y facilitar la regeneración de suelos. Asimismo, el club ha promovido prácticas de compostaje e irrigación consciente, lo cual ha contribuido a cerrar ciclos de materia orgánica dentro del campus y a sensibilizar a la comunidad sobre la gestión sostenible de residuos y recursos hídricos.

Otro ejemplo es el club de Biodiversidad Axolotarium, centrado en la divulgación científica y la sensibilización ambiental respecto a especies en riesgo. Este grupo ha trabajado especialmente en la difusión del conocimiento sobre el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) y su situación de conservación. Como parte de sus actividades, participaron como co-anfitriones en el 2.º Festival para la Conservación del Ajolote, celebrado en

septiembre de 2024 en Querétaro (Código Informativo, 2024). Además, han desarrollado actividades de educación ambiental dirigidas a distintos grupos etarios, con énfasis en niñas y niños de La Esperanza y de diversas escuelas primarias en el estado, promoviendo el respeto por la biodiversidad y la comprensión del papel ecológico de las especies en peligro de extinción.

Cabe mencionar que también han surgido proyectos relevantes por iniciativa individual de estudiantes, fuera del marco de los clubes. Tal es el caso del *Catálogo preliminar de especies de plantas de Arkansas State University en Querétaro, México*, realizado con el apoyo de la plataforma Naturalista. Este proyecto, presentado durante el XXII Congreso Mexicano de Botánica (Castañeda Ruan y Miguelena Bada, 2022), representó un primer esfuerzo sistemático por documentar la flora local del campus, sentando las bases para futuras acciones de monitoreo y restauración vegetal.

Estas iniciativas, nacidas desde la motivación y el compromiso del estudiantado, reflejan una creciente apropiación de los temas ambientales y una vocación activa por contribuir a la conservación desde el ámbito universitario. Si bien aún queda mucho por consolidar, estas experiencias han generado aprendizajes valiosos y representan un paso firme hacia la construcción de una cultura ambiental sólida entre las nuevas generaciones.

Reflexión

El caso de Arkansas State University Querétaro ofrece un ejemplo revelador de cómo las universidades, sin importar su tradición o antigüedad, pueden convertirse en agentes activos —aunque perfectibles— de conservación ambiental, particularmente en contextos regionales como el Bajío mexicano, donde los ecosistemas enfrentan crecientes presiones antrópicas. Lejos de representar un modelo acabado, la experiencia de AState Querétaro evidencia un proceso dinámico de construcción institucional en el que la conservación y el cuidado han ido ganando peso dentro de las agendas académicas, administrativas y comunitarias.

Referencias

- Castañeda Ruan, D. & Miguelena Bada, J. G. (2022). *Creación de un catálogo preliminar de especies de plantas de Arkansas State University en Querétaro, México, con ayuda de la plataforma Naturalista*. En Memorias del XII Congreso Mexicano de Botánica. Sesión Sistemática-Florística, número de cartel: 8, pp. 471. Editado por Cristóbal Sánchez Sánchez y Leonardo O. Alvarado Cárdenas https://cmb2022.weebly.com/uploads/1/4/0/5/140558944/xxii-congreso_mexicano_de_botanica_memorias.pdf
- Códice Informativo. (2024). *Anuncian Segundo Festival de la Conservación del Axolotl Querétaro*. Disponible en: <https://codiceinformativo.com/2024/09/anuncian-2o-festival-de-la-conservacion-del-axolotl-queretaro/>
- CONABIO. (2019). *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx>
- Elisia. (2023). *Área educativa*. <https://www.elisia.mx/area-educativa#:~:text=Elisia%20Education%20Hub%20es%20el%20primer%20Hub%20educativo.internacional%20de%20la%20m%C3%A1s%20alta%20calidad%20en%20M%C3%A9xico>
- Excelsior. (2014). *Universidad de Arkansas construye su primer campus en México*. Nota del 20 de febrero. Disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/02/20/944863>
- Informe Queretano. (2024, 9 de mayo). *Investigadores UAQ monitorean vida silvestre en Arroyo Seco*. <https://informequeretano.com/2024/05/09/investigadores-uaq-monitorean-vida-silvestre-en-arroyo-seco/>
- Querétaro Quadratin. (2017, 4 de septiembre). *Inauguran Arkansas State University Campus Querétaro*.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial.
- Torres Campos, J.P., Zamora Prieto, X., Aznar Cruz, D. E., Ramos Lara, N. (2023) Anidación, dieta y patrones de actividad de *Sciurus oculatus* en un bosque mixto. *Revista Nthe*, Edición especial, septiembre:69-76. Disponible en: https://nthe.mx/NTHE_v2/pdfRevistas/Nthe%20EE%2010mo%20EJIEQ.pdf
- Universidad de Guanajuato. (2023). *Arboreto educativo UG: Un proyecto de sustentabilidad y rescate del medio ambiente*. <https://www.ugto.mx/noticias/quehacer-institucional/15794-arboreto-educativo-ug-un-proyecto-de-sustentabilidad-y-rescate-del-medio-ambiente>
- Zamora Prieto, X., (2023). *Efectos de la urbanización sobre las hormigas* [Presentación oral]. 11° Encuentro de jóvenes investigadores e investigadoras del estado de Querétaro, Universidad Autónoma de Querétaro. <https://siip.uaq.mx/joveninvestigador/index.php/resultados>

El Xont'e, riqueza cultural del municipio de Colón

Cristóbal Vega Prado
Cronista del Municipio de Colón
crisvega19@gmail.com

Resumen

El Pinal del Zamorano, ubicado en Colón, es el punto más alto de Querétaro y fuente vital de agua para la región, alimentando la Presa de la Soledad y beneficiando la agricultura. Su riqueza natural incluye bosques de pino y oyamel, hogar de diversa flora y fauna.

La historia prehispánica se refleja en el arte rupestre del “abstracto zamorano”, con más de 8,000 años de antigüedad, que revela la cosmovisión y el paso del pueblo Chichimeca por la zona.

Durante la época colonial, se fundó Tolimanejo tras el choque cultural. En 1550 se establecieron un presidio, una hacienda y una misión, dando origen a las primeras haciendas. La evangelización franciscana y dominica culminó con la fundación de la Misión de Santo Domingo de Soriano en 1687.

El Pinal del Zamorano ha sido presentado ante la UNESCO como parte del “triángulo sagrado”, junto con la Peña de Bernal y el Frontón, por su relevancia en las tradiciones vivas de los pueblos originarios del semidesierto.

El escudo de Colón sintetiza su historia e identidad: Cristóbal Colón, la economía, el mestizaje y las misiones. El Pinal sigue siendo un símbolo local, especialmente en la peregrinación del lunes de Pascua, donde se honra a los ancestros y se pide por el buen temporal.

Palabras clave: Querétaro, Colón, Xont'e, Pinal del Zamorano, patrimonio

Abstract

El Pinal del Zamorano, in Colón, is Querétaro's highest point and a vital water source, feeding the Soledad Dam and supporting agriculture. Its pine and oyamel forests host rich biodiversity.

Pre-Hispanic history is reflected in the “Zamorano abstract” rock art, dating back 8,000 years, revealing the Chichimeca people's worldview and presence.

Colonial history began with cultural encounters and the founding of Tolimanejo. In 1550, a presidio, hacienda, and mission were established, marking the start of regional development. Evangelization by Franciscan and Dominican friars led to the founding of the Mission of Santo Domingo de Soriano in 1687. El Pinal del Zamorano has been proposed to UNESCO as part of the “sacred triangle,” alongside Peña de Bernal and the Frontón, due to its importance in the living traditions of indigenous communities in the semi-desert.

The coat of arms of Colón reflects its identity and history—honoring Christopher Columbus, the economy, mestizaje, and the missions. El Pinal remains a cultural pillar, especially during the Easter Monday pilgrimage, where ancestors are honored and prayers are offered for rain and good harvests.

This majestic site is a true treasure of Querétaro, blending natural beauty with profound cultural and historical significance.

Keywords: Querétaro, Colón, Xont'e, Pinal del Zamorano, heritage

Introducción

En el municipio de Colón, se localiza el Xont'e vocablo otomí, que se deriva de *xonti*, que significa reproducir y *dehé* – agua: que se traduce como *dador* o *multiplicador de agua*.

El Pinal del Zamorano, se alza majestuoso como guardián estoico al paso de los siglos, por sus entrañas corre la vida que rebosa en espejos de agua, donde el verdor produce la fantasía de sus paisajes pincelados por cañadas y cascadas, lomas y mesetas; adornados por flores multicolor y cantos ancestrales de pájaros silvestres; caminos, veredas desgastadas con el andar de los siglos, pies descalzos de cazadores – recolectores, que plasmaron en la roca su entorno y visión otomí-Chichimeca.

Representa para el Municipio de Colón, la riqueza de la naturaleza, por la abundancia de su fauna silvestre y la diversidad de flora, entre el bosque de pino y oyamel. La esperanza en la temporada de lluvia, para que de sus escurrimientos se recargue el agua de la Presa de la Soledad, favoreciendo la unidad de riego “Alfredo B. Bonfil”, y beneficiando la agricultura local de los seiscientos socios de los municipios de Tolimán y Colón.

Además, es identidad, cultura e historia: a las faldas del Pinal, de la comunidad de Pueblo Nuevo, fueron los primeros habitantes de la Misión de Santo Domingo de Soriano.

En tiempos de las haciendas, se construye un sistema de canales, que parte de las faldas del Pinal y fue patrocinado por don Amado de la Mota; obra hidráulica para el abasto del vital líquido, que conduce por cincuenta kilómetros y pasa por el antiguo molino de granos de la comunidad del Saucillo. Fue campamento y refugio, en sus abrigos rocosos, los cristeros hicieron el juramento de defender la religión.

Las tradiciones de la región comprenden varias comunidades indígenas que se encuentran a las faldas del Pinal del Zamorano como Los Trigos, Ejido Patria, El Fuenteño, El Carrizal, Poleo, Salitrera y El Potrero.

1. Pasado prehispánico

Emprendamos este viaje que nos remonta a los pueblos originarios, con pies descalzos, cazadores y

recolectores, que dejaron en los abrigos rocosos el arte rupestre con pigmentos que figuran la deidad, el sol, la serpiente; la vida, el nacimiento del agua, el venado, la montaña; representaron el caracol, el cielo, las estrellas, la luna y los caminos a su paso por las zonas de abundancia de agua, dónde brota, corre y se extiende la vida, el rito. Representaciones que nos sitúan y remiten a 8000 años del andar del pueblo Chichimeca por las veredas de los cerros del semidesierto, en un estilo propio llamado “abstracto zamorano”, como lo describe el antropólogo Carlos Viramontes (Anzures Viramontes y Jarillo Hernández, 2025).

Observando, a la lejanía, sobre el cielo azul de Colón, se yergue el majestuoso Pinal del Zamorano, guardián ancestral del territorio sagrado otomí-Chichimeca. “La montaña sagrada”, nos conecta con nuestros ancestros: al subir en peregrinación pedimos por la salud, la abundancia de agua, la flora y la fauna. El agua es el elemento conductor para adentrarnos en la forma de entender el mundo prehispánico, el mestizaje y el regreso a la modernidad para su conservación. El agua, en esta zona semidesértica, es indispensable para la vida, para el ciclo agrícola y la ritualidad que representa su escasez, por ello se pide por el buen temporal y se agradece que siga fluyendo de los manantiales (Vázquez Estrada, 2005).



Figura 1. Pinturas rupestres de El Potrero, datadas en 8000 años.
(Fuente: Archivo Cronista Municipal)

En las andanzas del pueblo Chichimeca, fijaron un espacio de verdor por el paso del río que

les proveía de alimento, paraje conocido como Tolimanejo (lugar donde abunda el tule).

Con la llegada de los españoles y sus aliados otomíes, se establece la población mestiza, desplazando a los Chichimecas jonaces a los parajes inhóspitos de la Sierra Gorda Queretana. La fecha de este choque cultural es 1531, cuando don Nicolás de San Luis Montañez, don Pascual de la Cruz Pájaro y don Francisco Pájaro, caciques de Xilotepec, junto con Diego Elías, don Agustín de Santiago y don Pedro Martín Elías” (Páez Flores, 2002), fundan esta población, conformada por indios otomíes y por españoles.

Posterior a esta avanzada, en 1550, se establece definitivamente el pueblo de Tolimanejo, con tres instituciones coloniales: el presidio, para el sometimiento militar de los pueblos originarios; la hacienda, para la explotación de los recursos de las tierras conquistadas, y la misión, para la evangelización y el adoctrinamiento.

2. Las haciendas

El origen de las haciendas se remonta al virrey don Luis de Velasco, quien estableció en 1560 las primeras restricciones para el otorgamiento de estancias, limitando el número de cabezas autorizadas y obligando a los estancieros a tener un número determinado de pastores a caballo para vigilar el ganado. En Tolimanejo, comienzan la solicitud de espacios para la cría de ganado y la agricultura, quedando establecidas las porciones de tierra que más tarde darían lugar a las haciendas. En el caso de (A) Juchitlán, en 1547 el Virrey Antonio de Mendoza otorgó un sitio para ganado mayor al oidor Gómez de Santillán y a finales del siglo XVII ya existía la hacienda de Nuestra Señora de la Buena Esperanza, siendo una de sus propietarias doña Juana Tello de Aguirre (Vega Prado, 2015).

Del origen de la hacienda de Nuestra Señora de la Concepción del Zamorano se sabe que, en 1687, la poseía el Capitán Juan Martínez de Lejarza, quien destinaba los terrenos al pastoreo de caprinos, bovinos y equinos. Para 1770, existen las haciendas de Juchitlán, Zamorano y Esperanza. Sus ranchos eran el Pedregal, Santa Rosalía (Santa Rosa), Puerto del Gallo, Las Casillas, Las Cabras, El Leoncillo, El Venado, El Sauz, El Moral, Las Mangas, Agua Zarca,

La Obra, Cieneguilla, El Potrero, La Pila, La Carbonera, Del Puerto, El Tepeguaje, Las Milpillas.

3. La evangelización

A partir de 1583 el Partido de Tolimán quedó sujeto a los Franciscanos y en 1687 compartieron el territorio con los Dominicos, a través de la fundación de la misión de Santo Domingo de Soriano; la primera construcción es de 1687 (terminada de construir en los años 1691 y 1703) (AHQ, 1949).

Los primeros pobladores de la Misión de Santo Domingo habitaban cerca del Pinal del Zamorano, en una meseta elevada conocida hoy como Pueblo Nuevo, a donde los conquistadores se hacían acompañar por Ana Sánchez. Así, los conquistadores trasladan a los Chichimecas a Soriano, donde los misioneros dominicos edificarían la misión de Santo Domingo de Soriano en diciembre de 1687, por el Padre Fray Luis de Guzmán y veinticinco familias de Chichimecas, a un kilómetro hacia el suroeste de Tolimanejo. Esta población marcaba el límite poniente de la Sierra Gorda, junto con San Pedro Tolimán (AHQ, 1946).

La unión de ambos pueblos es decretada y publicada en “*La Sombra de Arteaga*”, en el año de 1882, con fecha 12 de junio. En el artículo segundo de la ley No. 59, dice: “*De los pueblos de Tolimanejo y Soriano se formará una villa, que se denominará Villa Colón*”. Así lo mandó don Francisco González de Cosío, Gobernador del Estado, y a partir de entonces lleva por nombre Villa de Colón. La idea de ponerle Colón, tiene su origen en los comentarios hechos durante un banquete ofrecido al general Porfirio Díaz y sus más cercanos ministros, por el gobierno de Querétaro, en el marco de la exposición de productos queretanos, realizada de mayo a junio de 1882.



Figura 2. Basílica de Nuestra Señora de los Dolores de Soriano. Se realizan dos fiestas anuales, que congregan a más de un millón de fieles. (Fuente: Archivo del Cronista Municipal)

4. Elementos de la identidad comunitaria

4.1 La peregrinación al Pinal del Zamorano. El lunes de Pascua, los habitantes del Semidesierto, principalmente de Tolimán y Colón, emprenden su peregrinar al Xont'e, la montaña sagrada, el Pinal del Zamorano. El punto de reunión es en San Miguel, donde se realiza el desayuno comunitario y la celebración de la misa previa al recorrido que inicia en la comunidad de Panales. Al frente, las Santas Cruces; detrás, los pifaneros, rezanderos y los hombres, mujeres y niños.

En la cima del Pinal, descansan los abuelitos Xítas – mecos. Al subir, se tiene el contacto con los antepasados y se realiza la petición por el buen temporal, la salud y la familia.



Figura 3. El Pinal del Zamorano, el punto más elevado del Estado de Querétaro, sitio del peregrinar de los pueblos indígenas. (Fuente: Archivo Cronista Municipal)

4.2 Heráldica.

El marco general en un cortinaje labrado en cantera rosada queretana. En el tercio superior izquierdo, en fondo amarillo ocre, resalta la imagen de Cristóbal Colón y la de una Carabela, en referencia al nombre de esta villa.

En el tercio superior derecho, está representada la economía colonense que se basa en la agricultura, ganadería, turismo y artesanía, con la que se enriquece la cultura y se preservan las tradiciones y los recursos naturales; con la imagen de un toro se ilustra la actividad ganadera iniciada por los españoles en 1550, con el establecimiento de las estancias para la cría de ganado mayor y menor. La conífera y filifera hacen referencia a los recursos naturales del municipio y a la riqueza natural del Pinal del Zamorano. El maizal representa la fertilidad del suelo y la prosperidad agrícola en la producción de forrajes y semillas. Las cactáceas identifican la región a la que pertenece el municipio: el semidesierto. Y el jorongo representa la artesanía textil lanera presente desde el siglo XVI.

En el cuartel inferior se muestra el panorama al Poniente de la Villa de Colón: el sol nascente indica el principio de este pueblo en la cultura hispano mexicana en el año de 1531, la torre del templo de San Francisco (1700), y las armas otomíes y españolas significan la fundación y crecimiento del pueblo mestizo de San Francisco Tolimanejo. La torre del Templo de Santo Domingo de Soriano (1687), con las armas Chichimecas, significa la presencia e integración de los Chichimecas jonaces en la misión de Santo Domingo de Soriano. El nopal florido significa la mexicanidad y raigambre de los colonenses; la jovencita en medio del cuadro es la nueva raza mexicana resultado del mestizaje de los españoles e indígenas. (Reglamento de Policía y Buen Gobierno, 1999).



Figura 4. Heráldica del Municipio de Colón. Se divide en tres cuarteles: primero al costado izquierdo, la figura de Cristóbal Colón, a la derecha la riqueza natural y productiva, debajo, la identidad del pueblo. (Fuente: Archivo Cronista Municipal)

Conclusión

Para el Municipio de Colón, el Pinal del Zamorano representa riqueza natural, historia, cultura y tradiciones vivas de sus pobladores. Ahí descansan nuestros ancestros y subimos a pedir por el buen temporal, y con los escurrimientos de agua se provee de agua para el riego de los huertos y parcelas de las comunidades indígenas.



Figura 5. El General Manuel Frías y su hermano Luis, en el campamento Cristero en el Pinal del Zamorano, abril de 1928. (Fuente: Archivo Cronista Municipal)

Referencias bibliográficas

- Anzures Viramontes, C., Jarillo Hernández, R. (2025). Arte rupestre en Querétaro. En: Academia.edu. Disponible en: https://www.academia.edu/36597584/ARTE_RUPESTRE_EN_QUER%C3%89TARO (Consulta efectuada en julio de 2025).
- Archivo Histórico de Querétaro. (1949)
- Archivo Histórico de Querétaro. (1946)
- Páez Flores, R. G. (2022). Pueblos de Frontera en la Sierra Gorda Queretana, siglos XVII y XVIII. Archivo General de la Nación. Disponible en Google Books en: https://books.google.com.mx/books/about/Pueblos_de_frontera_en_la_Sierra_Gorda_q.html?id=wZ9AAAAMAAJ&redir_esc=y
- Vázquez Estrada, Alejandro. (2005). ¿Peregrinar o morir? Lugares sagrados entre los chichimeca-otomí. *Gazeta de Antropología* 21(28). Disponible en: <http://www.gazeta-antropologia.es/?p=2793> (Consulta efectuada en julio de 2025).
- Vega Prado, Cristóbal. (2015) *De Tolimanejo a Villa de Colón. Haciendas Colonenses*. Ed. Calygramma. Querétaro.

Legislación y políticas públicas aplicables al manejo del Cerro “El Zamorano”

Alejandro Angulo Carrera

Columnista del periódico “Plaza de Armas”. Secretario Técnico de la Secretaría de Medio Ambiente del Municipio de Querétaro.
aangulocarrera@yahoo.com.mx

Resumen

El presente ensayo aborda el marco legal y las políticas públicas para la protección y conservación de espacios naturales con valor ecológico, que pueden permitir evitar o dirimir conflictos y externalidades ambientales negativas. Así también se da cuenta de los vacíos legales actuales que repercuten en la observancia de criterios de protección y conservación. Y finalmente se señala la pertinencia de contar con recursos financieros para la vigilancia, protección, investigación y restauración de los espacios naturales.

Palabras clave: Marco legal, políticas públicas, conservación, biodiversidad, Zamorano

Abstract

This essay addresses the legal framework and public policies for the protection and conservation of natural spaces with ecological value, which can make it possible to avoid or resolve conflicts and negative environmental externalities. This also shows the current legal gaps that have an impact on the observance of protection and conservation criteria. And finally, the relevance of having financial resources for the surveillance, protection, research and restoration of natural spaces is pointed out.

Keywords: Legal framework, public policies, conservation, biodiversity, Zamorano

Políticas públicas

Existe una urgencia social de dotar a este territorio (El Zamorano y su cuenca de influencia) de políticas públicas que le otorguen una autonomía suficiente para el cuidado de su biodiversidad en beneficio de sus habitantes, con base en los criterios recomendados por el Protocolo de Nagoya, que se fincan en la proporcionalidad y subsidiariedad, a fin de favorecer la homeostasis orgánica del lugar, regulando los intercambios allende los límites del subsistema y sumándolos a la acumulación de bienes positivos basados en soluciones naturales. Todo esto, mediante la jerarquización de leyes y normas (axiología jurídica) que primen un orden territorial estable y procedan a la puesta en operación de las unidades de gestión ambiental, transitando de principios jurídicos que solo tutelan los derechos humanos inmediatos hacia aquellos que además salvaguarden los patrones y procesos (evolutivos, progresivos) de la biósfera.

El marco legal y las políticas públicas para la protección y conservación de espacios naturales, son indispensables, a fin de evitar conflictos y externalidades negativas ambientales.

Las disposiciones legales y las políticas públicas para el efecto de la protección deben considerar la participación social y de los dueños o poseedores de los terrenos, con el fin de lograr una adecuada cooperación entre todos los actores.

Así también, es relevante contar con recursos financieros para su protección, lo cual asegura la ejecución de proyectos de conservación e investigación, y el personal necesario para la vigilancia.

Para ello, se debe contemplar los instrumentos económico-ambientales como el pago de servicios ambientales, los bonos de carbono, hídricos y de biodiversidad.

No menos importante es la definición de actividades permitidas y compatibles con la protección ambiental, las cuales deben contenerse en los programas de manejo y en los ordenamientos ecológicos que apliquen.

Hay un cierto vacío en los instrumentos (Programa de Manejo y Ordenamientos Ecológicos), para determinar la jerarquía de cada uno, Es decir,

¿cuál es el instrumento legal que debe prevalecer?, pues en determinados momentos puede haber criterios contradictorios entre estos dos instrumentos.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la conservación y protección de un determinado espacio natural, no sólo tiene valor por sí mismo, sino también por sus interrelaciones con otros espacios, recursos naturales, ecosistemas o servicios ambientales (recarga de acuíferos, remoción de contaminantes y captura de CO₂) para las comunidades aledañas, como sucede con El Zamorano (entre los valores ambientales de ese espacio se encuentran la existencia de vegetación boscosa en buen estado de conservación con bosque de galería, encinos y sus endemismos).

También se observan problemas de tala ilegal, extracción de leña y procesos ganaderos que fragmentan e impactan la vegetación y el suelo. Por otra parte, es recomendable contar con una mayor y mejor vigilancia ambiental, para contener actividades que degradan los ecosistemas, vegetación y fauna.

Así mismo, hay cuestiones que se desconocen, por lo que debe invertirse en estudios sobre todo en cuanto a:

- Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles.
- Especies en riesgo.
- Proporción del área bajo algún tipo de manejo y;
- Función como centro de origen y diversificación natural.
- Proporción de superficie del bosque de encinar.
- Capacidad de carga para actividades recreativas.

Legislación

Como bien se sabe, es importante contar con marcos normativos para lograr una mejor conservación, y si bien existen para la zona, estos son los básicos y habría que generar otros más, sobre todo aquellos de carácter Técnico-Económico-Legales. Así, tenemos los siguientes:

I. Instrumentos legales para la protección ambiental:

- Decreto del ANP (Mario Molina Pasquel "El Pinalito" en el Edo de Qro.): Esta ANP es la segunda de competencia estatal más extensa, ya que cubre cerca del 26.2% de las 6,080.9 hectáreas estatales.

- Decreto del ANP: Pinal del Zamorano en el Edo de Gto.
- Decreto del ANP Mario Molina Pasquel "El Pinalito" del Edo de Qro.
- El Programa de Manejo del ANP por el Estado de Guanajuato (falta el Programa de Manejo del ANP Mario Molina Pasquel “El Pinalito” por parte del estado de Querétaro. Aunque ya se sometió a consulta pública en el 2023).
- Ordenamiento Ecológico Regional del estado de Querétaro.
- Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Colón. UGA de Protección.

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2002). *Programa de Manejo del ANP Pinal del Zamorano*.

Gobierno del Estado de Querétaro (2009). *Ordenamiento Ecológico Regional del estado de Querétaro*.

Municipio de Colón. (2018). *Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Colón*.

II. Instrumentos Técnico-Legales para la protección ambiental:

Se recomienda fortalecer el marco normativo con una:

- Norma técnica estatal o municipal para la conservación del suelo y la infiltración de agua.

III. Instrumentos económicos para la protección ambiental:

Se recomienda apoyar a los propietarios y poseedores de los predios, a fin de gestionar su conservación y protección con:

- Pago de servicios ambientales por infiltración de agua y polinización.
- Bonos de carbono, hídrico y/o de biodiversidad.
- Pago a vigilantes ambientales sociales.

Y, por supuesto, resolver el vacío legal de criterios para conocer la priorización o jerarquización entre distintos instrumentos como el Programa de Manejo de una ANP y el Ordenamiento Ecológico (local o regional), y también, avanzar en la formulación de instrumentos para la conservación de los espacios naturales dentro de la zona urbana, que es donde se presenta la mayor complejidad ecológica actualmente.

Referencias bibliográficas

Gobierno del Estado de Querétaro. (2003). *Decreto del ANP Mario Molina Pasquel “El Pinalito”*.
<https://queretaro.gob.mx/documents/291166/1106465/DECRETO-El-Pinalito.pdf/237bb4d4-97e4-9403-e566-fc24a56a0d5c?t=1747759408515>

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2000). *Decreto del ANP Pinal del Zamorano*.

