



La biodiversidad en

HIDALGO

Estudio de Estado

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



La biodiversidad en
HIDALGO
Estudio de Estado



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La biodiversidad en
HIDALGO
Estudio de Estado

Primera edición, 2021

Versión digital

ISBN 978-607-8570-53-9

**Coordinación
y seguimiento general:**

Andrea Cruz Angón¹

Jorge Cruz Medina¹

Diana López Higareda¹

Erika Daniela Melgarejo¹

Arturo Islas Islas²

Gregorio Sánchez Escorza²

Corrección de estilo:

Juan Cristóbal Álvarez Prieto

Diana López Higareda¹

Erika Daniela Melgarejo¹

Jorge Cruz Medina¹

Diseño y formación:

Prudencia Hernández y Javier

Sánchez Galván / Genio + Figura

Cuidado de la edición:

Prudencia Hernández y Javier

Sánchez Galván / Genio + Figura

Diana López Higareda¹

Erika Daniela Melgarejo¹

Cartografía:

Kioshy Yasuo Ochoa Kato

Jorge Cruz Medina¹

Diana López Higareda¹

Derechos patrimoniales y editoriales

D.R. © Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Liga Periférico - Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, C.P. 14010, Ciudad de México.

www.gob.mx/conabio

¹ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

² Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo

Salvo en aquellas contribuciones que reflejan el trabajo y quehacer de las instituciones y organizaciones participantes, el contenido de las contribuciones es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Editado e Impreso en México/Edited and Printed in Mexico.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mensaje

Desde el inicio de mi gobierno en 2016, me di a la tarea de construir mecanismos y acciones precisas para conservar y preservar nuestro Medio Ambiente y todo el patrimonio natural de Hidalgo.

Hoy, después de 5 años, hemos tenido grandes avances para proteger la biodiversidad de nuestro estado. Como eje rector, en colaboración con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) consolidamos la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Hidalgo*, documento estratégico que además de contener detalles específicos de nuestra flora y fauna, integra la opinión de todos los sectores sociales involucrados. Como un instrumento de política pública y participación ciudadana, este documento define los ejes y líneas de acción, e identifica a los responsables de ejecutarlos.

También, fue posible concretar la creación de la Comisión Estatal de la Biodiversidad de Hidalgo, órgano que coordina las investigaciones e implementa las acciones para la protección, restauración, preservación, conservación y uso de nuestro capital natural.

Los frutos ya empiezan a apreciarse. Un gran logro dentro de este esfuerzo por conservar y apro-

vechar sustentablemente nuestra biodiversidad es la conservación de pumas (*Puma concolor*) y la reproducción de venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en nuestro estado.

Asimismo, en un esfuerzo de 130 notables investigadores y especialistas de alto nivel, se concluye la obra *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*, cuyas 56 contribuciones constituyen información valiosa en materia de biodiversidad, que nos permitirán tomar mejores decisiones para proteger los recursos naturales, y al mismo tiempo impulsar el desarrollo económico y social de las familias que habitan en las comunidades del estado, ricas en biodiversidad. En este sentido, reconozco y agradezco la labor que han realizado todos aquellos participantes para entender aún más la biodiversidad hidalguense.

Finalmente, agradezco a la CONABIO por su colaboración para hacer posible esta publicación, la cual se suma a nuestro gran esfuerzo por impulsar un equilibrio entre la sociedad hidalguense y su medio ambiente.

Lic. Omar Fayad Meneses
Gobernador Constitucional
del Estado de Hidalgo

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Presentación

Resultado de la fructífera colaboración entre el Gobierno del Estado de Hidalgo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y múltiples investigadores especialistas, en su mayoría estatales, tengo el gusto de presentar *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*, obra que complementa y robustece el diagnóstico del patrimonio natural contenido en *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*, compilado y publicado por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en 2017.

El libro está integrado por 56 contribuciones y 23 apéndices con información actualizada y confiable sobre la diversidad biológica hidalguense, sus usos, principales factores de presión y oportunidades de conservación, así como su vínculo con el entorno físico, socioeconómico, normativo e institucional. Por lo tanto este documento, junto con la Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Hidalgo (ECUSBEH), serán referentes de consulta para autoridades gubernamentales, académicos y sociedad en general, para dirigir la toma de decisiones, diseñar estrategias de planeación, establecer políticas públicas y continuar con la generación de nuevo conocimiento sobre el patrimonio natural para garantizar su conservación y uso sustentable, y con ello, impulsar el bienestar en Hidalgo.

Asimismo, *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado* se enmarca en la instrumentación de la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2030*, la cual es parte de los compromisos adquiridos por México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB): por un lado, constituye el diagnóstico subnacional (Estudio de

Estado) número 24 en ser publicado, y con ello Hidalgo se convierte en el primer estado, a nivel nacional e internacional, en elaborar su Estrategia y Estudio de Estado y decretar su Comisión Estatal de Biodiversidad en menos de cinco años.

Felicito al Gobierno del Estado de Hidalgo, así como a los 130 autores pertenecientes a 22 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación para la realización de esta obra. Tengo la seguridad de que los diferentes órdenes de gobierno y la contribución de los diversos sectores de su sociedad civil—incluyendo a sus comunidades campesinas e indígenas, la academia y el sector productivo, entre otros— se apropiarán de este documento, apoyarán su difusión y darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad y los cambios que se registran en Hidalgo.

Resulta evidente que la entidad sigue avanzando en fortalecer sus capacidades para conservar su capital natural. Aún falta camino por recorrer en este sentido, pero Hidalgo cuenta ya con instrumentos normativos e institucionales que le permiten dar un lugar prioritario al tema ambiental en el desarrollo e implementación de políticas públicas. De esta forma, será posible promover un avance armónico entre el desarrollo económico de la entidad y la conservación de su valioso capital natural, lo cual traerá como consecuencia una mejor calidad de vida para la sociedad hidalguense.

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Índice

- 5 Mensaje
- 7 Presentación
- 11 Introducción

1 Contexto físico

- 25 Resumen ejecutivo
- 29 Geomorfología y fisiografía
- 35 Tectónica
- 41 Litología
- 53 Yacimientos minerales
- 61 Hidrología
- 67 Provincias biogeográficas
- 75 Índices de amplitud ambiental

2 Contexto histórico y socioeconómico

- 89 Resumen ejecutivo
- 93 Características demográficas
- 105 Importancia ecológica y cultural de los cerros: el caso del Zempoaltépetl
- 111 Crecimiento urbano e impacto en los ecosistemas en tres zonas metropolitanas

3 Biodiversidad

- 123 Resumen ejecutivo
- 127 Los vertebrados fósiles
- 136 EC. Los amonites del Jurásico inferior de Hidalgo: provincialismo y diversidad
- 145 Diversidad biológica de bosques templados
- 155 Diversidad biológica del bosque mesófilo de montaña
- 165 Composición y diversidad vegetal de la selva mediana subperennifolia
- 174 EC. Metztitlán, una región compleja
- 181 Hongos del bosque relicto de haya (*Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*)
- 189 Ascomicetos del bosque mesófilo de montaña en la Sierra Alta Hidalguense
- 197 Mixobiota asociada a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*
- 203 Diversidad florística
- 216 EC. Conocimiento y conservación de plantas endémicas de la zona semiárida hidalguense
- 224 EC. Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán
- 231 Sírpidos asociados a cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán
- 239 Mariposas diurnas
- 247 Historia de la herpetología en Hidalgo
- 262 EC. Herpetofauna en ambientes antropizados del municipio San Felipe Orizatlán
- 270 EC. Riqueza y conservación de la herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

- 276** EC. Herpetofauna de la sierra de las Navajas
- 285** Análisis de la distribución de la avifauna a través de áreas de endemismo
- 294** EC. El puma de Actopan
- 300** EC. La laguna de Tecocomulco
- 308** EC. Área de forrajeo de una colonia de maternidad del murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) en el centro de México
- 315** Diversidad y conservación de los recursos fitogenéticos
- 325** Diversidad genética de *Aspidoscelis gularis*
- 329** Código de barras genético en escamados del género *Sceloporus*
- 383** Historia del agua en la vega de Metztlán
- 387** Impacto de la minería en el medio ambiente de la región Pachuca-Mineral del Monte
- 393** Especies exóticas invasoras y sus instrumentos normativos
- 405** Ciencia ciudadana para la detección de especies exóticas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán
- 411** Factores que amenazan la biodiversidad de anfibios y reptiles
- 422** EC. Revolución verde en Metztlán
- 427** Posible impacto por pesticidas organoclorados en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán
- 435** Problemas y políticas públicas ambientales
- 444** EC. Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán: oportunidades de mejora a partir de la percepción de sus habitantes
- 448** EC. Rancho Santa Elena: transitando hacia el aprovechamiento sustentable del capital natural
- 457** Lechuguilla: el jabón olvidado de las otomías del Valle del Mezquital
- 465** Autores

4 Usos y tendencias de cambio

- 337** Resumen ejecutivo
- 341** Conocimiento, creencias y uso de mamíferos medianos y grandes en Atotonilco el Grande
- 350** EC. El laurel en el Parque Nacional El Chico
- 355** Uso tradicional de vertebrados silvestres
- 365** Verdes matas que van de los valles de Apan a los Estados Unidos
- 371** Estrategias de conservación y uso del patrimonio natural: el caso de Mineral del Chico



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Introducción

Andrea Cruz Angón, Diana López Higareda y Jorge Cruz Medina

Biodiversidad

La diversidad biológica o biodiversidad suele entenderse como la variedad de formas, colores y hábitos de los organismos observables a simple vista (animales y plantas). Sin embargo es un concepto más complejo, debido a que comprende la variación dentro y entre las especies, así como sus distintos niveles de organización, sus interrelaciones y los procesos que éstas generan.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) adoptó una definición más amplia: abarca la variedad de las especies vivientes, tanto de plantas (Plantae) y animales (Animalia), como de hongos (Fungi), protozoarios (Protista) y bacterias (Monera); además, considera a los ecosistemas donde las distintas especies habitan, y su variabilidad genética (figura 1; CDB 1992, CONABIO 2000). Este concepto incluye a la variedad de plantas domesticadas y sus parientes silvestres (agrobiodiversidad), a la diversidad de grupos funcionales en el ecosistema (herbívoros, carnívoros, parásitos, saprófitos, entre otros), y a la diversidad cultural humana (costumbres, lenguas y cosmovisiones).

Ecosistema, especie y diversidad genética

El término ecosistema proviene de la contracción de *sistema ecológico*, y fue acuñado por Sir Arthur

Tansley (Hutchings *et al.* 2012) para referirse tanto a los elementos bióticos del ambiente como a los factores físicos asociados (Tansley 1935). El concepto de ecosistema se estableció como una aproximación teórica para entender estos sistemas biofísicos altamente complejos. El CDB define a los ecosistemas como “un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional” (CDB 1992); en este complejo es donde habitan las especies. Se trata de una definición relativamente sencilla, adoptada por las 196 partes firmantes del convenio.

En sentido estricto, un tipo de vegetación no es equivalente a un ecosistema ya que, como se mencionó anteriormente, éste último comprende los elementos bióticos (plantas, animales, hongos y microorganismos) presentes en un lugar y tiempo determinados, sus interacciones y los factores abióticos que lo afectan. No obstante, los tipos de vegetación han sido utilizados como buenos descriptores generales de los ecosistemas (Begon *et al.* 2006).

La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y es la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin 1979, Mayden 1997). Debido a la amplia gama de formas en las que se expresa la vida en la Tierra, existen muchas definiciones y conceptualizaciones al respecto (al menos 22; Rosselló-Mora y Amann 2001); por lo anterior, es muy

Cruz-Angón, A., D. López-Higareda y J. Cruz-Medina. 2021. Introducción. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 11-20.



Figura 1. Niveles de organización de la biodiversidad considerados por el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ecosistemas: a) bosque mesófilo de montaña en Finca Tegalome, Tlanchinol; b) matorral xerófilo en la barranca de Metztitlán; c) laguna de Tecocomulco. Especies: d) hongo cuerudo (*Panus conchatus*); e) cactus candelabro (*Pachycereus weberi*); f) chipe rojo (*Ergaticus ruber*). Genes: g) huico pinto del noreste (*Aspidoscelis gularis*), especie cuyas relaciones entre poblaciones en Hidalgo sólo pueden resolverse mediante análisis genéticos. Fotos: SEMARNATH (a, b, c, e, f), Tania Raymundo (d), Julio César Huitzil Mendoza/Banco de imágenes CONABIO (g).

complejo establecer un concepto universal de especie.¹

La definición más común es el concepto biológico propuesto por Mayr (1942), que indica que las especies son grupos de poblaciones que se entrecruzan y tienen descendencia fértil; no obstante, esto no considera a los organismos que no tienen reproducción sexual, por lo que una definición más amplia establece que es el conjunto de poblaciones de individuos que comparten la misma historia evolutiva, es decir, descienden de las mismas poblaciones ancestrales (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Compartir la misma historia implica que, más allá de contar con similitudes en forma y función, comparten genes y conforman comunidades que tienen la capacidad de reproducirse y heredar dichas características a las siguientes generaciones (Mayr 1942, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

De esta forma, es posible identificar que la información responsable de la biodiversidad (el tamaño, el color y el comportamiento, entre otros factores) se encuentra contenida en los genes (segmentos funcionales de DNA con información particular; CONABIO 2020). Esta diversidad genética es la que permite a las especies adaptarse a los cambios en el ecosistema.

Clasificación de la biodiversidad

Una forma de aproximarse a la biodiversidad, dada su vastedad, es clasificarla a través de un sistema. Carlos Linneo (1758) desarrolló el que actualmente utiliza la ciencia biológica, que consiste en asignar categorías a un conjunto de organismos (se usan siete categorías jerárquicas: reino, *phylum* o división, clase, orden, familia, género y especie), y un nombre único (formado por el género y la especie, figura 2).

Así, a través de dos palabras (por eso se conoce como binomial), este sistema permite identificar cuál es la relación de dicho conjunto de organismos con otros (género) y lo que los distingue de los demás (especie). La ventaja de este sistema es que

evita confusiones que pueden darse al utilizar nombres comunes, ya que éstos pueden variar de acuerdo con el lugar, la cultura y el idioma.

Servicios ecosistémicos y el valor de la biodiversidad

La biodiversidad, mediante los ecosistemas, brinda beneficios a la sociedad, denominados servicios ecosistémicos o ambientales. Estos servicios se clasifican en cuatro categorías: 1) de provisión, que consisten en el suministro de alimentos, agua y materias primas como maderas y fibras; 2) de regulación, como en el caso del clima y la polinización de plantas, así como en el control de enfermedades; 3) de soporte, como la formación de suelos y el reciclado de nutrientes; y 4) culturales, como fuente de inspiración artística o espiritual, o elementos para la recreación y la educación, entre otras (figura 3; CONABIO 2006).

Así, a la biodiversidad se le otorga un valor ya sea 1) intrínseco, al ser valiosa simplemente por el hecho de existir y no necesariamente por tener alguna utilidad, es decir, tiene un valor propio y por lo tanto debe protegerse (Meléndez-Ramírez 2010); o 2) extrínseco o instrumental, en función de su contribución al bienestar y calidad de vida de las personas, desde tres enfoques: biológico, ya que cada uno de sus componentes es reservorio de información evolutiva irremplazable; económico, en función de los servicios y bienes esenciales para el desarrollo de la vida cotidiana; y cultural, el cual parte de que la naturaleza es inspiración para crear (mitos y cosmovisiones) y crear (poesía, canciones, entre otros; Toledo 1997, Meléndez-Ramírez 2010, Pascual *et al.* 2017).

Diversidad biológica en México

La biodiversidad no se distribuye de manera uniforme en el planeta; en general, las regiones tropicales albergan una mayor riqueza, y se reconoce que 17 países poseen cerca de 70% de las especies conocidas en el mundo. México forma parte de este se-

¹ El artículo 2 del CBD no establece entre sus definiciones el término de especie, aunque sí incluye el de especie domesticada o cultivada, que se refiere a aquellas en cuyo proceso de evolución ha intervenido el ser humano para satisfacer sus propias necesidades

	Clasificación taxonómica	
Plantae	Reino	Animalia
Tracheophyta	Phylum o División	Chordata
-	Subphylum	Craniata
Equisetopsida	Clase	Reptilia
Magnoliidae	Subclase	-
Asparagales	Orden	Squamata
Orchidaceae	Familia	Phrynosomatidae
<i>Laelia</i>	Género	<i>Sceloporus</i>
<i>Laelia anceps</i>	Especie	<i>Sceloporus minor</i>
Lindl., 1835	Autoridad taxonómica	Cope, 1885

Figura 2. Ejemplo de clasificación taxonómica de dos especies endémicas con distribución en Hidalgo: a) calaverita (*Laelia anceps*), municipio Chapatongo, especie de orquídea endémica de México; b) lagartija espinosa menor (*Sceloporus minor*), localidad Jacala, lacertilio endémico de México. Fotos: SEMARNATH (a), Luis Canseco Márquez/Banco de imágenes CONABIO (b).

Servicio de provisión o abastecimientos	Servicios de regulación	Servicios culturales
<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos • Agua dulce • Madera y fibras • Combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Del clima (protección contra eventos extremos como inundaciones) • Control de la erosión • Regulación de polinizadores • Regulación de enfermedades 	<ul style="list-style-type: none"> • Estéticos • Espirituales • Recreativos • Educativos
Servicios de soporte ecológico		
Reciclaje de nutrientes	Formación del suelo	Productividad primaria

Figura 3. Servicios y beneficios que presta la biodiversidad a través de los ecosistemas. Fuente: modificado de CONABIO 2006.

lecto grupo de países megadiversos, diversidad que además está inherentemente relacionada con su identidad cultural (Mittermeier *et al.* 1997, CONABIO 2016b). A pesar de que su superficie representa tan sólo 1.5% del área terrestre del mundo, México alberga alrededor de 11% de las especies conocidas (CONABIO 2006, Sarukhán *et al.* 2009). Además, en función del grupo que se trate, entre 9 y 60% de las especies del país se distribuyen exclusivamente en México, es decir, son endémicas (Sarukhán *et al.* 2009).

Desafortunadamente, México comparte la tendencia global de pérdida y deterioro de la biodiversidad y de otros bienes y servicios ecosistémicos para el bienestar humano (CONABIO 2016b, 2019). Esto se debe en gran medida a factores relacionados con los modos de producción y obtención de bienes y servicios, que han resultado no sustentables. Se estima que, con base en la valoración de su degradación y sustentabilidad ecológicas, México cuenta con sólo 33% del capital natural para satisfacer las necesidades de la población a través del uso de bienes y servicios del ecosistema (Mora 2019a); asimismo, cerca de 65% de los municipios del país tiene su capital natural agotado (Mora 2019b). El valor total estimado del capital natural actual en México es de aproximadamente 457.1 mil millones de dólares al año, que es casi 435 veces mayor que el producto interno bruto (PIB) nacional en 2010 (1.051 mil millones de dólares); sin embargo, el valor del capital natural después de la restauración podría ser de 602 mil millones de dólares al año (Mora 2019a).

Cooperación internacional para la conservación de la biodiversidad

Ante el desafío global de la pérdida de biodiversidad, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, se firmaron tres instrumentos internacionales que sentaron un precedente importante para la conservación del medio ambiente: el Convenio Marco sobre Cambio Climático, el Convenio de Lucha Contra la Desertificación, y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). El CDB es un tratado mundial, jurídicamente vinculante, cuyos objetivos persiguen la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa

de los beneficios provenientes de la utilización de los recursos genéticos.

El CDB es el tratado internacional más importante en materia de biodiversidad. La participación prácticamente global en dicho convenio refleja la preocupación de las naciones sobre el deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad, y evidencia la necesidad de realizar acciones conjuntas que aseguren su conservación en el largo plazo. En este marco, los países adoptaron en 2010 el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011 - 2020 del CDB, que contiene cinco objetivos estratégicos y 20 metas, conocidas como las Metas de Aichi, todas ellas situadas dentro de un marco flexible con el fin de que los países puedan definir sus propias metas de acuerdo con sus capacidades y prioridades.

Sin embargo, en la *Evaluación Mundial sobre la Diversidad Biológica y los Servicios de los Ecosistemas* (IPBES 2019) se observó que, aunque existen avances importantes, la mayoría de las metas no se han cumplido, ya que la biodiversidad sigue deteriorándose. Por lo anterior, las Partes definieron el proceso para elaborar un nuevo marco mundial posterior a 2020 que permita alcanzar los objetivos de conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y lograr la sostenibilidad para 2030, mediante cambios transformadores en los factores económicos, sociales, políticos y tecnológicos (CDB 2020). Dicho marco global se adoptará en la Decimoquinta Conferencia de las Partes (COP 15) del convenio.

México y el Convenio sobre la Diversidad Biológica

México firmó el CDB en 1992 y lo ratificó en 1993. Desde entonces, ha participado activamente en su fortalecimiento, a la vez que ha cumplido con los principales compromisos adquiridos, como la publicación del *Estudio de País*, primer diagnóstico sobre la biodiversidad en México (CONABIO 1998), la formulación de la primera *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México* (ENBM; CONABIO 2000), su actualización (CONABIO 2016b) y la presentación de seis informes nacionales que documentan los avances de México en la implementación del convenio (CONABIO 2021).

Asimismo, se ha dado a la tarea de profundizar en el conocimiento de su biodiversidad, por lo que desde la publicación del *Estudio de País* (CONABIO



Figura 4. Ejes estratégicos de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX). Fuente: CONABIO 2016b.

1998), se han publicado cuatro volúmenes de la obra *Capital Natural de México* (Sarukhán et al. 2009, CONABIO 2016a), que utiliza el enfoque metodológico de la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MA 2005) y, más que una actualización, representa la transición de la definición de problemas al diseño de soluciones. Por consiguiente, también se han elaborado estrategias nacionales sobre especies invasoras, conservación de islas y conservación vegetal, entre otras.

Además, en 2016 México hospedó la Decimotercera Conferencia de las Partes (COP 13) del convenio, donde promovió la integración de la biodiversidad en los sectores productivos y presentó la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2030* (ENBIOMEX; CONABIO 2016b), que identifica seis ejes estratégicos (figura 4), 24 líneas de acción y 160 acciones para conocer, conservar y usar sustentablemente la diversidad biológica del país.

Finalmente, en el informe nacional más reciente (Sexto Informe Nacional; CONABIO y PNUD 2019), México presentó una evaluación sobre el cumplimiento del *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica*

2011-2020 y las Metas de Aichi, los progresos de México para el periodo 2014-2018 en cuanto al estado, situación y tendencias de la biodiversidad en el país, así como los avances en la implementación de la ENBIOMEX.

Implementación del CDB en México: las Estrategias Estatales de Biodiversidad

La diversidad cultural, geográfica, social y biológica de México hace que la implementación del CDB, y cualquier estrategia nacional, deba adecuarse a distintas escalas y contextos. México ha sido pionero en este sentido; desde 2002, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en colaboración con gobiernos estatales y representantes de diversos sectores de la sociedad, promueve la iniciativa de Estrategias Estatales de Biodiversidad (EEB), un proceso que toma en cuenta las particularidades de las entidades federativas del país, a fin de que:

- Cuenten con herramientas de planificación a escala adecuada (estatal) para la toma de decisiones con respecto a la gestión de los recursos biológicos.
- Integren elementos de conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las políticas públicas.
- Incrementen la valoración de la biodiversidad por parte de la sociedad mediante el establecimiento de programas permanentes de educación ambiental y difusión sobre la importancia de la biodiversidad.

El proceso de las EEB busca completar dos documentos de planificación estratégica importantes (figura 5):

- 1 El Estudio de Estado (EE), que es un diagnóstico de línea base sobre la biodiversidad de la entidad en sus diferentes niveles.
- 2 La Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado (ECUSBE), que establece las bases de planificación estratégica con ejes, objetivos y acciones para conservar y aprovechar sustentablemente su diversidad biológica.

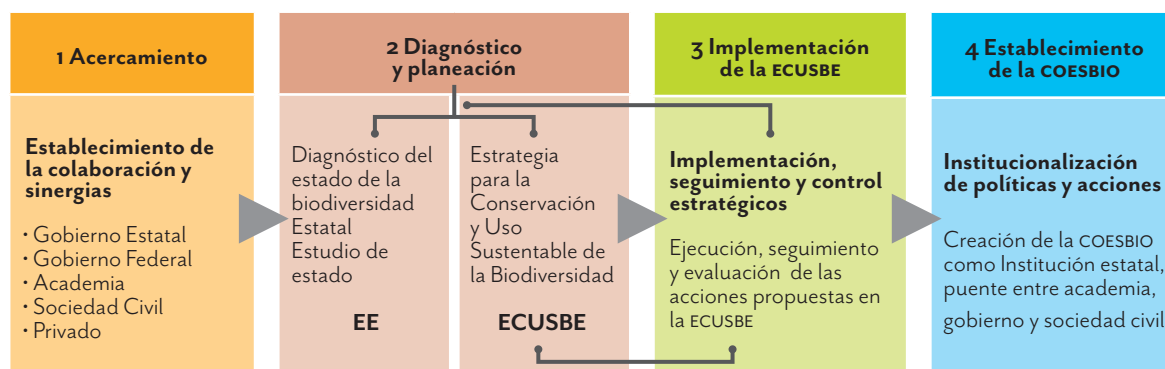


Figura 5. Proceso de elaboración de documentos de planeación estratégica e instrumentación de acciones en el marco de la iniciativa de Estrategias Estatales de Biodiversidad, coordinada por la CONABIO. Fuente: elaboración propia.

La formulación de ambos documentos requiere de la amplia participación de diversos sectores de la sociedad, lo que permite identificar acciones prioritarias y ejecutarlas de manera sinérgica y coordinada. Además, la iniciativa promueve el establecimiento de instituciones encargadas de generar inteligencia para la toma de decisiones, denominadas Comisiones Estatales de Biodiversidad (COESBIO), para dar continuidad y permanencia al proceso.

La biodiversidad en Hidalgo

El territorio hidalguense, 1.1% de la superficie nacional (INEGI 2017), alberga una sorprendente y única riqueza tanto biológica como cultural, que abarca aproximadamente 3 961 especies² y diversos ecosistemas de bosque, selva, matorral xerófilo y pastizal natural (CONABIO y SEMARNATH 2020), como resultado de su ubicación geográfica en la zona de transición entre la región Neártica y Neotropical, así como la amplia variedad de sus condiciones fisiográficas. Así, la entidad destaca por las zonas de riqueza cactológica y ecosistemas montañosos (como el bosque mesófilo).

Sin embargo, algunos aspectos sociodemográficos, como el crecimiento acelerado de los centros

urbanos, y los impactos asociados a las actividades productivas como el pastoreo y la minería (p.e. el cambio de uso del suelo y la contaminación), han deteriorado el capital natural de la entidad.

Según datos del Sistema de Información Espacial para el Soporte de Decisiones sobre Impactos a la Biodiversidad (SIESDIB-CONABIO), la entidad cuenta con 16.3% de capital natural,³ es decir, sólo una décima parte del capital natural potencial está disponible para satisfacer las necesidades de la población a través del uso de bienes y servicios del ecosistema. Alrededor de 62.2% de los ecosistemas del estado se encuentran degradados, mientras que se ha perdido aproximadamente 32.7% de los hábitats naturales (Mora 2019c). En este sentido, las regiones más conservadas de Hidalgo se extienden del centro hacia el noroeste del estado (Mora 2019c), coincidiendo con la Sierra Madre Oriental.

Si además se toma en cuenta la transformación antropogénica, se tiene que, aunque el desarrollo humano⁴ es alto o muy alto al sur de la entidad, las condiciones de su capital natural son no sustentables (Mora 2019b, c); es decir, las necesidades de bienes y servicios ecosistémicos se satisfacen con recursos fuera de su entorno ecológico. Por ello, es necesario contar con la información suficiente y de

² Este valor sólo incluye macrohongos, briofitas, pteridofitas, cícadas, bromelias, invertebrados y vertebrados.

³ El índice de capital natural (ICN) es el resultado de la interacción de las medidas de la cantidad y la calidad los ecosistemas, ambas expresadas como un porcentaje. La calidad se reduce a través de la degradación ecológica, y la cantidad se reduce a través de la pérdida de ecosistemas o hábitats (Mora 2019a, b).

⁴ Datos del índice de desarrollo humano (IDH) elaborado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD; Mora 2019b).

Cuadro 1. Coordinadores de cada una de las secciones del Estudio de Estado.

Sección	Coordinador
1. Contexto físico	Dra. Jessica Bravo Cadena
2. Contexto histórico y socioeconómico	Dra. Adriana Gómez Aiza
3. Biodiversidad	M. en C. Leonardo Fernández Badillo y M. en C. Karina Calva Soto
4. Usos y tendencias de cambio	M. en C. Karina Calva Soto y Dra. Adriana Gómez Aiza

Fuente: elaboración propia.

calidad sobre la biodiversidad, su composición, sus dimensiones y condiciones, particularmente a escala estatal e incluso municipal y local, que sea referencia para la toma de decisiones y permita una aproximación realmente sustentable al aprovechamiento de los recursos naturales.

En este contexto, los esfuerzos para la elaboración de esta obra iniciaron formalmente en 2017, a partir de la colaboración interinstitucional entre el Gobierno del Estado de Hidalgo y la CONABIO, y contando con el antecedente de los trabajos encabezados por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, quien publicó la obra *Biodiversidad del Estado de Hidalgo* (Ramírez-Bautista *et al.* 2017a, b).

Así, la presente obra representa un complemento de la información sobre biodiversidad de la entidad, con un enfoque analítico y un abordaje integral que, además de aportar información particular sobre algunos grupos biológicos y áreas del estado, incorpora la apreciación de factores históricos y sociales. Con la participación de más de 130 autores pertenecientes a 22 instituciones, el estudio integra 4 secciones, 56 contribuciones y 23 apéndices, conocimiento cuya compilación fue posible gracias a la colaboración de los investigadores que fungieron como coordinadores de sección (cuadro 1).

El presente estudio describe y analiza la diversidad de especies presentes en el estado para algunos grupos de hongos, plantas, invertebrados y vertebrados (cuadro 2). Asimismo, se brinda una breve descripción de las principales características del grupo biológico, y se aportan datos sobre su riqueza, distribución, importancia ecológica, económica y cultural. Además, se incluye información sobre su estado de conservación, principales amenazas y recomendaciones para su protección.

La obra integra además varios estudios de caso que dan cuenta de la diversidad de algunos grupos biológicos en zonas particulares, los antecedentes del estudio de la biodiversidad en el estado, o sus usos. Cabe señalar que, siempre que fue posible, para cada especie se presenta tanto el nombre científico (sistema binomial), como el nombre común, con el fin de facilitar la identificación de los organismos a los lectores no familiarizados. Entre las fuentes de información empleadas se encuentran los registros de especies del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB) de la CONABIO y, principalmente, los datos recabados por los investigadores que participaron en este estudio.

También se documentan los esfuerzos de investigación y conservación que se han llevado a cabo en el estado, abordando particularidades de la biodiversidad estatal (p.e. el bosque relicto de haya *Fagus grandifolia mexicana*), retos de conservación en regiones específicas (p.e. la vega de Metztitlán), y ejemplos exitosos de cooperación entre distintos sectores (p.e. el caso del puma en Actopan).

Con *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado* se completa un diagnóstico actualizado del capital natural del estado, así como las capacidades institucionales en la entidad, que permite comprender el entorno físico, social y biológico a mayor detalle, por lo que esta obra puede constituirse como una referencia valiosa para el diseño de las acciones y estrategias que aseguren la conservación, el uso racional y sostenido de la diversidad biológica a través de la implementación de la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Hidalgo* (CONABIO y SEMARNATH 2020).

Cuadro 2. Comparativo de la riqueza de algunos grupos biológicos en Hidalgo respecto al total nacional.

Grupo	México	Hidalgo ¹	Hidalgo ³	Hidalgo (esta obra)
Hongos	6 500 ²	ND	1 138	200 ^a
Briofitas	1 482 ¹	ND	502	502 ^b
Pteridofitas	1 067 ¹	263	362	369 ^b
Gimnospermas	150 ¹	27	ND	43 ^b
Angiospermas	23 791 ¹	1 611	ND	4 371 ^b
Insectos	65 275 ²	1 690	1 025	435 ^c
Peces	2 763 ²	10	47	ND
Anfibios	399 ²	66	54	27 ^d
Reptiles	908 ²	124	130	79 ^d
Aves	1 150 ²	276	501	510 ^e
Mamíferos	564 ²	118	147	ND

ND: No disponible; ^a sólo hongos de La Mojonera y ascomicetes de la Sierra Alta Hidalguense; ^b véase *Diversidad florística*; ^c sólo lepidópteros (véase *Mariposas diurnas*); ^d sólo herpetofauna de San Felipe Orizatlán, la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán y sierra de las Navajas; ^e véase *Análisis de la distribución de la avifauna a través de áreas de endemismo*. Fuente: elaboración propia con datos de esta obra, ¹ CONABIO 2008, ² Sarukhán et al. 2017, ³ Ramírez-Bautista et al. 2017a, b.

Referencias

- Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Inglaterra.
- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. *Artículo 2. Términos utilizados*. En: <<https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-o2>>, última consulta: mayo de 2021.
- _____. 2020. *Borrador preliminar del marco mundial de la diversidad biológica posterior a 2020*. En: <<https://www.cbd.int/doc/c/62af/ca24/689ea8d7763cc7e7b937acc4/wg2020-02-03-es.pdf>>, última consulta: mayo de 2021.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. CONABIO, México.
- _____. 2000. *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. CONABIO, México.
- _____. 2006. *Capital natural y bienestar social*. CONABIO, México.
- _____. 2008. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.
- _____. 2016a. *Capital natural de México, vol. IV: Capacidades Humanas e Institucionales*. CONABIO, México.
- _____. 2016b. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*. CONABIO, México.
- _____. 2019. *Evaluación Global de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*. En: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/evaluacion-global-de-la-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos?utm_source=Conabio&utm_medium=Conabio&utm_term=Conabio&utm_content=Conabio&utm_campaign=Conabio>, última consulta: mayo de 2021.
- _____. 2020. *¿Qué son los genes?* En: <<https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/queson.html>>, última consulta: mayo de 2021.
- _____. 2021. *Implementación del CBD en México*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/implementacion_cbd_mex.html>, última consulta: mayo de 2021.
- CONABIO y SEMARNATH. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo. 2020. *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Hidalgo (ECUSBEH)*. CONABIO/SEMARNATH, México.

- CONABIO y PNUD. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2019. *Sexto informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. CONABIO/PNUD, México.
- Hutchings, M.J., D.J. Gibson, R.D. Bardgett *et al.* 2012. Tansley's vision for Journal of Ecology, and a centenary celebration. *Journal of Ecology* 100:1-5.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017*. INEGI, México.
- IPBES. Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas. 2019. *Resumen para los encargados de la formulación de políticas del informe de la evaluación mundial de la ipbes sobre la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas*. Secretariado IPBES, Alemania.
- Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204 (4391):381-384.
- Linneo, C. 1758. *Sistema natural, en tres reinos de la naturaleza, según clases, órdenes, géneros y especies, con características, diferencias, sinónimos, lugares*. Theodorum Haak, Leiden.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, D.C.
- Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. En: *Species: the units of biodiversity*. M.F. Hawah y M.R. Wilson (eds.). Chapman and Hall, Londres.
- Mayr, E. 1942. *Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist*. Columbia University Press, Nueva York.
- Meléndez-Ramírez, V. 2010. Valor económico de la biodiversidad. En: *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. R. Durán y M. Méndez (eds.). CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, México, pp. 453-456.
- Mittermeier, R., C. Goettsch y P. Robles-Gil. 1997. *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del Mundo*. CEMEX, México.
- Mora, F. 2019a. The use of ecological integrity indicators within the natural capital index framework: The ecological and economic value of the remnant natural capital of México. *Journal for Nature Conservation* 47:77-92.
- _____. 2019b. El valor ecológico y económico del capital natural de México. *Biodiversitas* 147:7-12.
- _____. 2019c. Coordinador del Sistema de Información Espacial para el Soporte de Decisiones sobre Impactos a la Biodiversidad, Comisión Nacional para el Uso y Conservación de la Biodiversidad (SIESDIB-CONABIO). Comunicación personal, noviembre.
- Pascual, U., P. Balvanera, S. Díaz *et al.* 2017. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26:7-16.
- Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). 2017a. *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México
- _____. 2017b. *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Rosselló-Mora, R. y R. Amann. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews* 25(1):39-67.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias *et al.* 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México.
- Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16(3):284-307.
- Toledo, V.M. 1997. La diversidad ecológica de México. En: *El Patrimonio Nacional de México, vol. I*. E. Florescano (ed.). FCE, México, pp. 111-138.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA





1

Contexto físico



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Jessica Bravo Cadena

Los factores físicos, la geomorfología y fisiografía, la historia geológica, la diversidad de rocas y otros han generado una alta heterogeneidad en los ecosistemas de Hidalgo, lo cual repercute a su vez en su regionalización biogeográfica. En la presente sección se describe el medio físico de manera sencilla, para que los lectores puedan identificar fácilmente los elementos que dan pie a la particular distribución geográfica de la biota del estado.

Hidalgo se localiza en el centro del país, su extensión abarca 1% del territorio nacional y se caracteriza por presentar una alta heterogeneidad en el medio físico. Desde la consideración de la geomorfología y fisiografía alberga principalmente dos unidades fisiográficas, las cuales ocupan un total de 99% de la superficie de la entidad. La primera se localiza en la parte sur del territorio, y corresponde a la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal (EVT), que a su vez se divide en las siguientes subprovincias: Lagos y Volcanes de Anáhuac en la parte más septentrional de la Cuenca de México; y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo en la parte suroeste, caracterizada por albergar terrenos accidentados con sistemas de topoformas y lomeríos de colinas redondeadas. La segunda unidad fisiográfica, la Sierra Madre Oriental (SMO), se ubica al norte de estado. Adicionalmente, una pequeña área en el extremo nororiental del estado pertenece a la provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte.

La biodiversidad de Hidalgo es expresión y consecuencia de su geodiversidad. Estas unidades coinciden con dos importantes provincias geológi-

cas EVT y SMO, en donde se encuentran diferentes etapas de la integración geológica del país, representadas en etapas cronoestatigráficas que dan cuenta de la historia de la región en el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.

Al noreste del estado se han identificado rocas metamórficas con antigüedad de 1 240 millones de años, que representan la era Neoproterozoica, de la que solo existen vestigios a nivel mundial. Las rocas sedimentarias se concentran principalmente en la SMO, son de origen marino, y en el caso de las más recientes, están asociadas con actividad volcánica en la era Cenozoica, en los periodos Oligoceno y Mioceno. Las rocas más representativas pertenecen a la era Mesozoica, considerando el Cretácico, el Jurásico (inferior, medio y superior) y Triásico. En la SMO también se encuentran rocas de la era Paleozoica con representación de los periodos Pérmico superior y Carbonífero. Las rocas ígneas se presentan en el EVT, las cuales se originaron en el magma generado en el roce de la placa Pacífica al introducirse bajo la Norteamericana, y representan las eras del Cenozoico desde el Holoceno hasta el Plioceno.

Dicha diversidad litológica está vinculada con los procesos tectónicos, los cuales en el estado de Hidalgo han sido diversos, dando lugar a múltiples paisajes en un espacio relativamente reducido. En el estado se representan cuatro elementos geológicos: SMO, EVT, la provincia Llanura Costera del Golfo Norte, y la plataforma Valles-San Luis Potosí.

El paisaje en el estado está dominado por los últimos eventos volcánicos del Pleistoceno, hace menos

Bravo-Cadena, J. 2021. Resumen ejecutivo. Contexto físico. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 25-27.

de un millón de años en la región de Pachuca-Tulancingo, que se sobreponen a varios eventos sedimentarios y metamórficos incluidos en la SMO, además de procesos tectónicos que generaron pulsos de plegamiento de la corteza, desde el Carbonífero al Eoceno. El EVT se asocia en última instancia con los procesos de hundimiento de las placas Pacífica, Cocos y Caribeña contra la placa Norteamericana durante el Oligoceno-Mioceno. La provincia Llanura Costera del Golfo Norte, al noreste de la entidad, se compone de plataformas marinas de aguas someras que se desarrollaron durante el Paleoceno. Finalmente, la plataforma Valles-San Luis Potosí representa una antigua área marina somera durante el Cretácico superior y el Cretácico inferior, que fue levantada tectónicamente del fondo del mar al final del Cretácico.

La naturaleza geológica de Hidalgo lo posiciona como un territorio privilegiado para la existencia de yacimientos minerales, los cuales se explican en el siguiente capítulo, en donde se describe a los distritos Molango, Pachuca-Real del Monte y Zimapán, los cuales son de particular importancia, ya que presentan depósitos de rocas compuestas de minerales que incluyen silicato y calcio.

Por ejemplo, en el distrito de Molango se encuentra el yacimiento de manganeso más grande del país y uno de los más importantes del mundo. Asimismo, en el distrito minero Pachuca-Real del Monte se presenta uno de los depósitos de plata más importantes de México, que se explotó desde la época prehispánica hasta hace pocos años. Por su parte, en el distrito minero Zimapán se destaca la extracción de minerales metálicos ricos en plomo, zinc, plata, hierro, cobre y oro libre y con telurio, actividades realizadas desde la época precolombina hasta la actualidad.

En consecuencia, la actividad minera en el estado ha sido un elemento de desarrollo económico desde tiempos remotos, mediante explotaciones subterráneas y a cielo abierto; no obstante, también ha afectado a diferentes mantos acuíferos y superficiales, además de generar vulnerabilidad en los ecosistemas en donde se presentan.

En cuanto a la hidrología del estado, en esta sección se describen dos grandes regiones hidrológicas que convergen en el estado. Al centro y occidente la región hidrológica Pánuco (RH-26), que abarca

95% del estado, y comprende distintas regiones geomorfológicas, entre ellas la Mesa Central, la SMO y EVT; además presenta una alta variación de climas relacionados a la configuración del relieve, debido a lo cual existe una gran cantidad de escurrimientos.

Al sur del estado la región Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla, RH-27), que corresponde a 5% del territorio estatal, donde se conjuntan los afluentes de algunas de las más importantes formaciones geológicas de México (la vertiente sureste de la SMO, la parte frontal de la Mesa Central y el extremo oriental del EVT) y se caracteriza por una topografía con diferencias altitudinales marcadas, lo que determina la presencia de climas que van desde de frío hasta tropical húmedo.

Asimismo 23 acuíferos se encuentran en territorio hidalguense. Algunos se consideran en veda, ya que no es posible autorizar concesiones o asignaciones de agua adicionales a los autorizados legalmente; en particular, 20 municipios corresponden con zonas de veda total. También existen acuíferos sobre-explotados como: Huichapan-Tecoautla, Valle de Tulancingo, Tepeji del Río y Cuautitlán-Pachuca. De no haber un control del recurso, existen riesgos de abatimiento de los niveles, deterioro de la calidad del agua e incremento de costos de manejo del recurso.

También se describen las provincias biogeográficas en Hidalgo. La entidad se encuentra en la zona de convergencia de las regiones Neártica y Neotropical. La región Neártica representa 27% de la superficie estatal y se caracteriza por la predominancia de los matorrales xerófilo, submontano, pastizales, táscate, y bosques pino-encino; mientras que la región Neotropical representa 14%, constituida principalmente por zonas tropicales y húmedas, que conforman la Huasteca Hidalguense y un pequeño fragmento de la Sierra Otomí-Tepehua, que albergan selva tropical perennifolia, caducifolia y pastizales.

Ambas regiones convergen en una zona de transición, que incluye una región montañosa que atraviesa el estado, conformada por la SMO y la Faja Volcánica Transmexicana, con una superficie de 59%, y alberga vegetación de bosques de pino-encino, pino, mesófilo de montaña, encino, táscate, oyamel y matorrales xerófilo, submontano y crasi-caule.

Finalmente se presenta la evaluación de la amplitud (diversidad) ambiental -un lugar con variación puede ofrecer mayor variabilidad genética o mayor cantidad especies-, a través de un índice que considera tres elementos que describen al ambiente: 27 tipos de clima, 17 clases de suelo principales y 45 diferentes categorías para uso del suelo y ve-

getación. Se identificó a 9.5% de los municipios de Hidalgo en la categoría máxima de este índice. Se trata de áreas irregulares topográficamente, dentro de cañadas y barrancas, donde es posible encontrar desde bosque templado, mixto y mesófilo, hasta selvas tropicales, principalmente en las zonas de transición de la SMO.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Geomorfología y fisiografía

Màrius Ramàrez Cardona, Carlos Esquivel Macías y Kinardo Flores Castro

Introducción

La fisiografía es la expresión del paisaje de un territorio a través de rasgos topográficos, geológicos, hidrológicos y edafológicos, cuyas variaciones determinan la composición de las comunidades vegetales dominantes y, por lo tanto, son factores que explican la biodiversidad observada.

Un paisaje se puede subdividir en unidades fisiográficas según la homogeneidad de los rasgos referidos y su especificidad respecto a unidades adyacentes. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2020), se consideran tres niveles de unidades fisiográficas. En primer término, y como categoría fisiográfica que abarca mayor superficie, está la provincia fisiográfica, definida como conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva. El siguiente nivel de la clasificación es la subprovincia fisiográfica, entendida como subregión con variaciones espaciales, diacrónicas o de proporción de los diferentes rasgos que definen el conjunto de la provincia. Finalmente, el tercer nivel es la topoforma, o expresión local de alguno de los rasgos definitorios (p.e. un cono volcánico o una barranca). La descripción de las topoformas, su origen y su evolución es el objetivo de la geomorfología.

Hidalgo se localiza en el centro del país, representa 1.06% del territorio nacional y alberga principalmente dos unidades fisiográficas. La parte sur

del territorio corresponde a la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana, también denominada Eje Volcánico Transversal (EVT); mientras que la porción norte del estado es parte de la Sierra Madre Oriental (SMO). Ambas provincias ocupan un total de 98.7% de la superficie de la entidad (figura 1). Las características litológicas, geomorfológicas y estructurales de estas áreas geográficas marcan un claro contraste del medio físico. Adicionalmente, una pequeña área del estado, en su extremo nororiental, pertenece a la provincia Llanura Costera del Golfo Norte, también con rasgos físicos que contrastan claramente con las otras dos áreas geográficas (Ferrusquía-Villafranca 1998).

Eje Volcánico Transversal

Es un arco magmático¹ continental de orientación predominante este-oeste, que atraviesa México en su parte central desde las costas del Pacífico (San Blas, Nayarit, y Bahía de Banderas, Jalisco) hasta Palma Sola, Veracruz, en las costas del golfo de México. Tiene aproximadamente 1 000 km de longitud y una amplitud que varía entre 80 y 230 km (Gómez-Tuena *et al.* 2005). La provincia está constituida por cerca de 8 mil estructuras volcánicas (estratovolcanes, conos monogenéticos, domos, escudos, calderas y metasetas) y algunos cuerpos intrusivos.

La diferenciación del EVT respecto de otro arco magmático que conformó la provincia Sierra Madre

¹ Sistema montañoso elongado, formado por volcanes y rocas volcánicas alineadas.

Occidental, empezó durante el Mioceno medio y tardío, cuando el arco de la Sierra Madre Occidental experimentó una rotación antihoraria (rotación en el sentido opuesto a las agujas del reloj; Ferrari *et al.* 1999). En la sierra de Pachuca se encuentran los exponentes más surorientales de magmatismo calcoalcalino² del Oligoceno, asociado al arco de la Sierra Madre Occidental. Tanto el magmatismo de arco de la Sierra Madre Occidental como el de la SMO se agrupan fisiográficamente en el estado dentro del EVT (Aranda-Gómez *et al.* 2000, Gómez-Tuena *et al.* 2005).

En Hidalgo, el EVT corresponde a una parte de su sector oriental, que va del sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (Guanajuato) hasta las costas del golfo de México. A su vez, dentro de los límites hidalguenses, el EVT se subdivide en dos subprovincias: Lagos y Volcanes de Anáhuac, y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (figura 1; Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Gómez-Tuena *et al.* 2005).

Subprovincias fisiográficas

La subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac está principalmente constituida por sierras volcánicas y grandes aparatos individuales alternados con amplias llanuras que albergan vasos lacustres. Esta subprovincia ocupa 17.3% del territorio estatal, y cubre el Valle de Tulancingo y la parte más septentrional de la Cuenca de México. La mayoría de las cumbres más elevadas del estado se hallan aquí; por ejemplo, los cerros de La Peñuela (3 380 msnm), El Jihuingo (3 240 msnm), La Paila (3 200 msnm), Agua Azul (3 080 msnm), Los Pitos (3 000 msnm) y Tecajete (2 890 msnm).

Aunque la definición general de esta subprovincia implica la existencia de lagos, específicamente para el sector suroriental de Hidalgo, no se presentan grandes vasos lacustres. En cambio, sí se puede mencionar la existencia de grandes aparatos volcánicos como la caldera de Aocolulco (en parte perteneciente a Puebla) y la de La Paila, o el campo

volcánico de Apan en la Altiplanicie Pulquera, con un conjunto de conos monogenéticos.

Por su parte, la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo se presenta en 36.2% del territorio estatal y se caracteriza por albergar terrenos accidentados con sistemas de topoformas y lomeríos de colinas redondeadas. Las mesetas basálticas constituyen un rasgo fisiográfico característico de esta área y representan los materiales más jóvenes del vulcanismo máfico³ del Mioceno tardío en las áreas más orientales del EVT (Silva-Mora y Córdoba 1996).

La sierra de Pachuca y sierra de las Navajas pertenecen a esta subprovincia y actúan como frontera norte de la Cuenca de México. Estas sierras son representativas del vulcanismo acontecido durante el Plioceno, ubicándose en zonas alejadas del arco magmático. Albergan dos de los tres picos más altos de la subprovincia en territorio hidalguense: Cerro de Las Navajas (3 160 msnm) y Cumbres las Tres Marías (2 940 msnm). La caldera de Huichapan, en la parte occidental de Hidalgo, está datada de esa edad (Plioceno) y es claro ejemplo en la entidad del emplazamiento de grandes calderas volcánicas del centro del EVT (López-Ramos 1972).

Sierra Madre Oriental

La provincia abarca 45.2% del territorio hidalguense y ocupa prácticamente toda la porción norte de Hidalgo, siguiendo una dirección noroeste-sureste acorde con la megaestructura plegada que la caracteriza. Implica una fisiografía abrupta con grandes desniveles, aunque las elevaciones máximas rondan los 2 000 msnm, en claro contraste con las cumbres más altas del EVT. El origen de esta fisiografía con valles, cañones y pendientes abruptas es la orogenia Laramide⁴ que levantó materiales sedimentarios del Mesozoico durante el Paleógeno, produciendo acortamientos corticales muy notables, manifestados en la zona con fallas inversas y pliegues asimétricos.

2 Magma originado por fusión (a gran profundidad) de la corteza oceánica y que posteriormente, en su ascenso, asimila rocas de la corteza continental (Pearse 1983).

3 Procesos en donde el magma contiene menor cantidad de sílice y un elevado contenido de hierro, magnesio y calcio (Tarbuck y Lutgens 2005).

4 Evento de plegamiento de la corteza y formación de montañas a inicios del Paleógeno (50-60 millones de años), que originó la Sierra Madre Oriental.

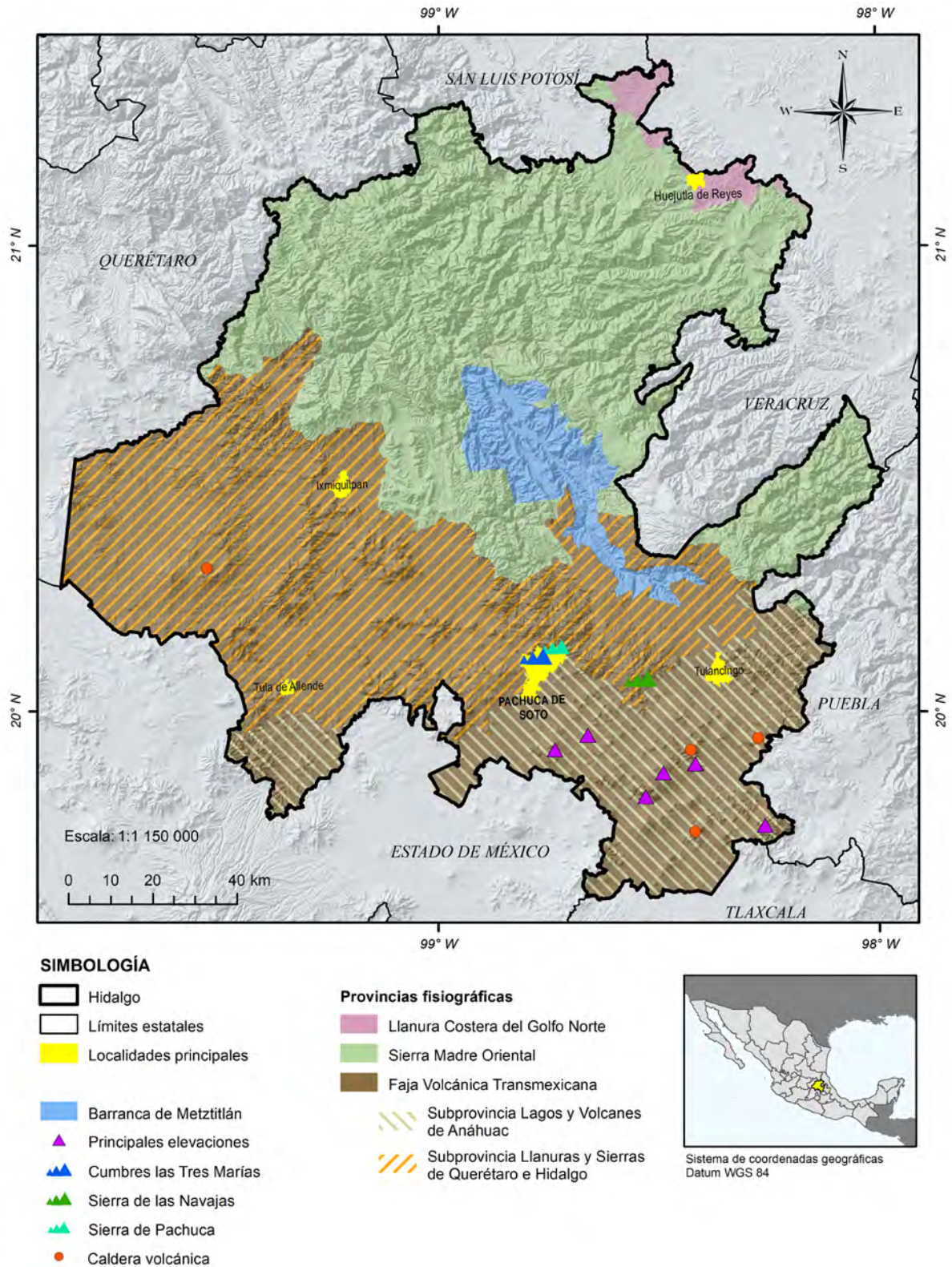


Figura 1. Provincias y subprovincias fisiográficas del estado. La barranca de Metztitlán se indica en el mapa como elemento fisiográfico independiente. Fuente: INEGI 2001, 2016.

Uno de los cañones más representativos es la barranca de Metztlán, con una profundidad máxima de aproximadamente 500 m en la parte centro-oriental de la entidad, conectado con áreas de sierras al norte (Carrillo-Bravo 1971, Suter 2004). En la zona de la Huasteca, al norte de la entidad, esta provincia está representada por zonas mucho más planas y con poco desnivel neto (Carrillo-Bravo 1971, Carrillo-Martínez 1997).

Llanura Costera del Golfo de México

Las zonas de menor altitud de Hidalgo se encuentran en la Llanura Costera del Golfo de México, que alberga terrenos que van de los 18 a los 250 msnm. Sólo abarca una pequeña porción del noreste del estado, en los municipios San Felipe Orizatlán y Huejutla.

Conclusiones

La caracterización fisiográfica proporciona elementos para entender la originalidad de la composición biótica expresada en territorio hidalguense (una de

las más diversas del territorio nacional), lo que a su vez constituye un elemento definitorio de la megadiversidad mexicana. Los rasgos fisiográficos aquí descritos conforman un conjunto de barreras y corredores biogeográficos que funcionan según el caso del grupo taxonómico involucrado. Así, por ejemplo, las partes altas del EVT funcionan como islas donde se refugiaron componentes florísticos boreales (del hemisferio norte, p.e. coníferas) al retirarse la última glaciación. Otro ejemplo son los fondos de los valles fluviales entre los cordones estrechamente espaciados de la SMO, ocupados por comunidades de bosque de galería y donde se encuentran refugiados elementos florísticos que actualmente son típicos de la costa este de Estados Unidos (p.e. arces, álamos, olmos, liquidámbar). Un último ejemplo de la influencia de la geomorfología en la biodiversidad son las comunidades de cactáceas endémicas del sistema de barrancas de Metztlán, producto del aislamiento reproductivo ocasionado por la combinación de 1) valles profundos estrechamente alargados de la SMO y 2) la sombra de lluvia en los vientos provenientes del golfo de México.

Referencias

- Aranda-Gómez, J.J., G. Torres-Hernández, R. Carrasco Núñez y A. Aguillón-Robles. 2000. Contrasting styles of Laramide folding across the west-central margin of Cretaceous Valles-San Luis Potosí carbonate platform, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 17(2):97-111.
- Carrillo-Bravo, J. 1971. La Plataforma Valles-San Luis Potosí. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 23(1-6):102.
- Carrillo-Martínez, M. 1997. Hoja Zimapán 14Q-e (7) con Resumen de la Geología de la hoja Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro. *Carta Geológica de México, serie 1:1 000 000*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- Córdoba-Méndez, D.A., C. Pedrazzini, J. López et al. 1992. *Carta geológica del estado de Hidalgo*. Escala 1:250 000. UNAM/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/INICIT, Hidalgo.
- Ferrari, L., M. López-Martínez, G. Aguirre-Díaz y G. Carrasco-Núñez. 1999. Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt. *Geology* 27(4):303-306.
- Ferrusquia-Villafranca, I. 1998. La geología de México: una sinopsis. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 3-108.
- Gómez-Tuena, A., M.T. Orozco-Esquivel y L. Ferrari. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 57(3):227-283.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2001. *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional, serie 1. Subprovincias fisiográficas*. INEGI, México.
- _____. 2016. *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica digital, por condensado estatal. Escala 1:250 000, serie 113 (Hidalgo)*. INEGI, México.
- _____. 2020. *Fisiografía*. En: <<https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/>>, última consulta: enero de 2020.
- López-Ramos, E. 1972. *Carta geológica del Estado de Hidalgo, escala 1:500 000*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- Pearse, J.A. 1983. Role of the subcontinental lithosphere in magma genesis at continental margins. En: *Continental basalts and mantle xenoliths*. C.J. Hawkesworth y M.J. Norry (eds.). Shiva Publishing, Reino Unido, pp. 230-249.
- Silva-Mora, L. y D.A. Córdoba. 1996. Vulcanismo explosivo del

- norte y oeste de la Ciudad de Tula, Estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 13(1):52-64.
- Suter, M. 2004. A neotectonic-geomorphologic investigation of the prehistoric rock avalanche damming Laguna de Metztitlán (Hidalgo State, East-central Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21(3):397-411.
- Tarbutck, E.J. y F. Lutgens. 2005. *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*. Pearson Prentice Hall, España.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Tectónica

Carlos Esquivel Macías, Kinardo Flores Castro y Màrius Ramàrez Cardona

Introducción

El paisaje de Hidalgo se estableció con los últimos eventos volcánicos del Pleistoceno, hace menos de un millón de años en la región de Pachuca-Tulancingo, que se superponen a varios eventos sedimentarios y metamórficos incluidos en la Sierra Madre Oriental (SMO). Estos procesos no se han extinguido del todo, ya que subsiste actividad magmática asociada a calderas como Huichapan, con actividad hidrotermal diversa. Aunado a ello, se registran microsismos en las regiones de Ixmiquilpan y Actopan, que recuerdan que los cuerpos magmáticos profundos aún se agitan.

Por su parte, más allá de los rasgos volcánicos recientes en su segmento oriental (p.e. calderas, estrato-volcanes, conos de cenizas y domos riolíticos), el origen del Eje Volcánico Transversal (EVT, también denominado Faja Volcánica Transmexicana), en el que se encuentra gran parte del territorio hidalguense, se asocia en última instancia con procesos de subducción¹ de las placas Pacífica, Cocos y Caribeña contra la placa Norteamericana.

En un pasado más distante, estos procesos tectónicos también generaron pulsos de plegamiento de la corteza que se manifiestan bajo la forma de la SMO (Suter *et al.* 1997). Dentro de esta evolución geológica no puede olvidarse que tanto la SMO como

el EVT, ambos con presencia en Hidalgo, están sobrepuestos al basamento Neoproterozoico denominado Oaxaquía,² el cual fue un micro continente proveniente de Sudamérica que colisionó por primera vez con Norteamérica hace cerca de 1 200 millones de años (Ma; Ortega-Gutiérrez *et al.* 1992, Sedlock *et al.* 1993, Ferrusquía-Villafranca 1998, Keppie 2004) y posiblemente en otras dos ocasiones más recientes. Finalmente, el menor de los elementos geológicos que integran el territorio hidalguense es la Llanura Costera del Golfo Norte (LCGN), que se encuentra en el área de Huejutla, en un espacio muy restringido del noreste de la entidad (figura 1).

Integración temprana del territorio mexicano

Sobre el basamento rocoso Oaxaquía se agregaron otras provincias geológicas que se desplazaron contra Norteamérica, cuando el paleo mar que había entre Norteamérica y el futuro México se cerró durante el periodo Pérmico en lo que hoy es Chihuahua y Coahuila (Pindell *et al.* 2002, Poole *et al.* 2005, Franco-Rubio *et al.* 2007). Dicha colisión de continentes es similar a la que ocurrió cuando chocó la península italiana contra el escudo europeo, generando los Alpes.

Con el paso del tiempo, la presencia de Oaxaquía influyó en la posición que adopta el EVT y en el

¹ Proceso de hundimiento de una placa litosférica de corteza oceánica frente a otra continental (Lugo-Hubp 2011).

² El nombre hace alusión a los valles centrales de Oaxaca, donde Ortega-Gutiérrez *et al.* (1995) definieron a los gneis, rocas que sustentan la existencia de Oaxaquía.

Esquivel Macías, C., K. Flores-Castro y M. Ramírez Cardona. 2021. Tectónica. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 35-39.

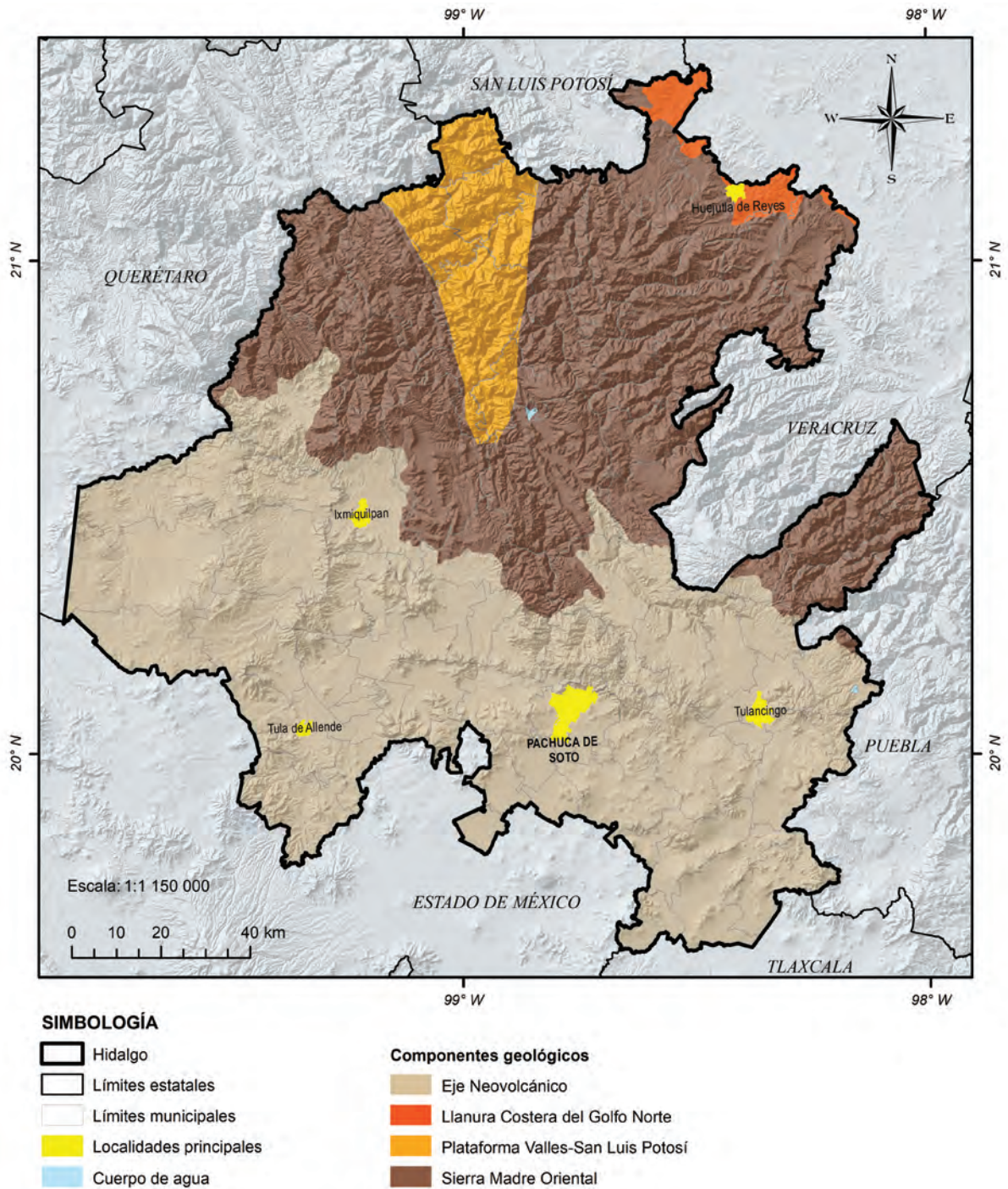


Figura 1. Ubicación de los componentes geológicos que inciden en Hidalgo. Fuente: elaboración propia, a partir de Ortega-Gutiérrez *et al.* 1992.

surgimiento de pliegues en la SMO, pues funciona como un obstáculo natural de extrema dureza que deforma rocas más blandas contra las que choca. Este fenómeno tiene consecuencias en la biodiversidad actual, dado que el EVT y la SMO controlan la integración biótica de México por medio del intercambio entre las regiones áridas de Norteamérica y las húmedas de Mesoamérica; de no haberse formado esta continuidad continental, no se habría producido la actual biodiversidad mexicana.

Sierra Madre Oriental

El segmento geológico entre Hidalgo y Tamaulipas (denominado cordones estrechamente espaciados, conforme a Ferrusquía-Villafranca 1998) es una serie de anticlinales³ orientados hacia el oeste, cuyo origen se remonta al Carbonífero y culmina en el Eoceno con la formación de la SMO (Heim 1940). Cabe indicar que entre estas dos etapas cronológicas media la colisión de los continentes, formando el supercontinente Pangea (250 Ma), y posteriormente se presentaron las aperturas del protomediterráneo (200 Ma), el golfo de México (120 Ma) y el océano Atlántico (90 Ma).

La SMO se caracteriza por un gran anticlinal con rumbo general de noroeste a sureste que recorre los estados de Puebla, Veracruz, Hidalgo y San Luis Potosí. Particularmente en Hidalgo se manifiestan plenamente cordones estrechamente espaciados, con valles estrechos y sin áreas planas, cuyas cuestas orientales tienen altitudes entre 200 y 1 000 msnm, y se unen con la planicie costera de Veracruz en la zona de Huejutla. Este último sector recibe la influencia marítima del golfo de México, produciendo una fisiografía subtropical.

Plataforma Valles-San Luis Potosí

Este elemento geológico representa una antigua área marina somera durante el Cretácico superior y el Cretácico inferior, ocupada por rocas calizas de un complejo estructural documentado con arrecifes de rudistas (moluscos bivalvos extintos, con conchas toscas que crecían verticalmente a semejanza de los corales; Alencáster 1990). Tectónica-

mente, se considera que la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP) es una parte de la SMO pues se manifiestan evidencias del mismo estilo estructural de plegamientos (Suter *et al.* 1991, Aranda-Gómez *et al.* 2000), aunque geomorfológicamente es una estructura caliza de baja elevación.

La PVSLP es una plataforma somera tropical, cuya unidad permite cartografiarla como provincia geológica. A pesar de que es parte de la SMO en cuanto a edad, su levantamiento tectónico del fondo del mar fue definitivo al igual que la sedimentación marina. Litológicamente acumula sedimentos terciarios continentales y alberga formaciones calizas como El Doctor (en Hidalgo y Querétaro), El Abra (Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo) y la formación Tamaulipas indiferenciada (Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro; Carrillo-Bravo 1971, López-Ramos 1979, López-Doncel 2003). En el segmento dentro de Hidalgo (partes de los municipios Pisaflores, Chapulhuacán, Tepehuacán de Guerrero, La Misión, Tlahuiltepa, Eloxochitlán, Nicolás Flores y Jacala de Ledezma; Carrillo-Bravo 1971), esta plataforma presenta un clima cálido subhúmedo, cálido húmedo y semiseco, y en ella se registran numerosos endemismos incluyendo algunas cactáceas (Hernández y Godínez 1994).

Eje Volcánico Transversal

Algunos estudios señalan que no todos los componentes de esta provincia geológica son contemporáneos (Ferrusquía-Villafranca 1998), pero los procesos que la originaron durante el Oligoceno-Mioceno siguen activos, por lo que su litología, límites y rasgos fisiográficos son sumamente claros (López-Ramos 1979). En su sector oriental el EVT corresponde al sur de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, donde se encuentra la mayor concentración de población humana y económica. No obstante, el conocimiento sobre su geología es escaso (López-Ramos 1979), a diferencia de provincias con más recursos asociados a rocas sedimentarias.

Su génesis como arco volcánico continental es atípica, ya que estos arcos normalmente se forman como volcanes alineados sobre los bordes de placas tectónicas convergentes. Ferrusquía-Villafranca

³ Plegamiento convexo o arqueamiento de las capas de la roca (Tarbuck y Lutgens 2005).

(1998) y Suter y colaboradores (2001) sugieren que no todo el EVT es producto del deslizamiento de la placa tectónica Pacífica bajo la Norteamericana. La sugerencia se basa en que hay fallas locales que originan campos volcánicos aislados (conjuntos de volcanes de edad similar). Además, es importante mencionar que el sector oriental del EVT (correspondiente a Hidalgo) es el más alejado de la fosa Mesoamericana (borde en el que convergen la placa Pacífica y la Norteamericana), pero no por ello es menos volcánico. Para Keppie (2004) el EVT es el rasgo más nuevo del territorio mexicano, particularmente el sector hidalguense, junto a la península de Baja California.

El EVT en el estado

Dentro de Hidalgo, el EVT se presenta con altitudes que van desde 1 500 hasta 2 500 msnm, y se extiende latitudinalmente en tan solo un grado (entre los 19° y 20° latitud N), lo que hace insignificante el gradiente latitudinal para explicar su biodiversidad. Las fracturas de orientación este a oeste dentro del EVT sugieren eventos de plegamiento y distensión cortical independientes del vulcanismo, que generaron depresiones (denominadas graben) ocupadas por lagos postglaciales (algunos ya secos y otros en franco proceso de hacerlo), entre ellos el paleo lago de Amajac (hoy barranca de Amajac) y el lago de Tecocomulco al sureste de Pachuca.

En la región de Actopan e Ixmiquilpan aún existe actividad tectónica profunda cuando se registran sismos menores, que agitan algunas cámaras magmáticas vestigiales y producen actividad hidrotermal en superficie. Aunque la mayor parte del EVT es una meseta dominada por los grandes aparatos volcánicos, la altitud disminuye considerablemente en las costas, hacia sus extremos occidental (Jalisco-Nayarit) y oriental (Veracruz). En estas regiones se constituyen corredores de intercambio biótico nortesur, pero el flujo también ocurre en menor medida a través de los valles (entre los aparatos volcánicos), como es el caso del territorio hidalguense.

Llanura Costera del Golfo Norte

Se compone de plataformas marinas de aguas someras que se desarrollaron durante el Paleoceno, al integrarse la plataforma Maya en el sureste de

México y cubriendo a las formaciones del Cretácico. La porción hidalguense de esta provincia corresponde a lo que hoy se denomina formación Chicontepec, que se reconoce como una secuencia de arenas calcáreas alternadas con limolitas muy evidentes en superficie, gracias al levantamiento parcial que produjo su sobreposición con las estratificaciones orientales de la SMO. La LCGN hidalguense cubre domos salinos de origen Cretácico superior, que funcionan como reservorios de hidrocarburos.

Conclusiones

Los procesos tectónicos que conformaron el actual territorio de Hidalgo han sido diversos, y han dado lugar a múltiples paisajes en un espacio relativamente reducido. Esta variedad de elementos físicos del territorio se asocia con la importante diversidad biológica (pasada y presente) en el estado. Por ejemplo, en las rocas de la SMO existe evidencia fósil de que estos espacios funcionaron como cuencas con intercambio biótico entre el paleopacífico y las cuencas europeas (Esquivel-Macías *et al.* 2017). Asimismo, su conformación tectónica norte-sur influye como corredor faunístico para los mamíferos pleistocénicos entre Sudamérica y Norteamérica, y acumula endemismos vegetales heredados de la comunicación florística glacial con la costa este de Estados Unidos (Ferrusquía-Villafranca 1998).

La PVSLP representa un antiguo océano que ocupó el centro de Norteamérica, y fue levantado tectónicamente del fondo del mar al final del Cretácico. Esta provincia no se plegó como lo hizo la SMO, y aporta rocas capaces de almacenar agua, convirtiéndola en un gran acuífero; estas características explican también la formación de grandes sótanos espeleológicos de la región, incrementando la biodiversidad asociada a dichas cavernas.

Por su parte, el EVT se comporta biogeográficamente como una cadena de islas volcánicas, que propician endemismo por medio de organismos relictos de la edad glacial en las altas montañas; entre ellos, los bosques de oyamel (*Abies* spp.) y cedro blanco (*Juniperus monticola*) distribuidos en la serranía del Chico y Real del Monte, o las ratas del género *Neotoma* en los límites de Querétaro e Hidalgo. Así, el EVT se considera mundialmente como el límite entre las regiones biogeográficas Neártica

y Neotropical, donde Hidalgo es un componente importante de dicha frontera (Morrone 2005).

Finalmente, la LCGN sufrió un ligero plegamiento en su borde occidental al entrar en contacto con la SMO, y el resto de su extensión se encuentra esca-

samente levantada sobre el nivel del mar. Su baja altitud y proximidad a la costa, derivada de su escaso tectonismo, ha favorecido un ambiente propicio para comunidades vegetales selváticas que incrementan la biodiversidad de Hidalgo.

Referencias

- Alencáster, G. 1990. Los rudistas: origen, diversificación, provincialismo en Eurasia y en América y extinción. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* 3(1):47-65.
- Aranda-Gómez, J.J., R. Torres-Hernández, G. Carrasco Núñez y A. Aguillón-Robles. 2000. Contrasting styles of Laramide folding across the West-Central margin of Cretaceous Valles-San Luis Potosí carbonate platform, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 17(2):97-111.
- Carrillo-Bravo, J. 1971. La Plataforma Valles-San Luis Potosí. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 23(1-6):1-106.
- Esquivel-Macías, C., R.G. León-Olvera y K. Flores-Castro. 2017. Paleoenvironment and biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of Huayacocotla Formation in East-Central México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 69(3):739-770.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1998. Geología de México, una sinopsis. En: *Diversidad biológica de México, orígenes y distribución*. R.B. Ramamoorthy, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 3-108.
- Franco-Rubio, M., O. Duran-Ahumada, L.M. Alva-Valdivia *et al.* 2007. The Olivos olistostrome: remnant of a late Permian oceanic basin along the southwestern margin of Laurentia, Chihuahua, Mexico. *International Geology Review* 49(12):1127-1144.
- Heim, A. 1940. The front ranges of the Sierra Madre Oriental, México. From Ciudad Victoria to Tamazunchale. *Eclogae Geologicae Helveticae* 33:313-352.
- Hernández, H. y H. Godínez. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botanica Mexicana* 26:33-52.
- Keppie, D. 2004. Terranes of Mexico revisited: A 1.3 billion year odyssey. *International Geology Review* 46(9):765-794.
- López-Doncel, R. 2003. La formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20(1):1-19.
- López-Ramos, E. 1979. *Geología de México*. Edición Escolar, México.
- Lugo-Hubp, J. 2011. *Diccionario geomorfológico*. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Morrone, J. 2005. Toward a synthesis of Mexican biogeography. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76(2):207-252.
- Ortega-Gutiérrez, F., M.L. Mitre Salazar, J. Roldan-Quintana *et al.* 1992. *Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2 000 000*. Instituto de Geología-UNAM/Secretaría de Minas e Industria Paraestatal, México.
- Ortega-Gutiérrez, F., J. Ruiz y E. Centeno-García. 1995. Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the Paleozoic. *Geology* 23:1127-1130.
- Pindell, J., L. Kennan y S. Barrett. 2002. *Regional plate kinematics: arm waving or underutilized exploration tool?* En: <<http://www.searchanddiscovery.com/documents/geophysical/pindell/index.htm>>, última consulta: junio de 2019.
- Poole, F.G., W.J. Perry, R.J. Madrid y R. Amaya-Martínez. 2005. Tectonic synthesis of the Ouachita-Marathon-Sonora orogenic margin of southern Laurentia: stratigraphic and structural implications for timing of deformational events and plate-tectonic model. *Geological Society of America special papers* 393:543-596.
- Sedlock, R.L., F. Ortega-Gutiérrez y R.C. Speed. 1993. *Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Boulder, Colorado*. Geological Society of America, Estados Unidos.
- Suter, M., M. López-Martínez, O. Quintero-Legorreta y M. Carrillo-Martínez. 2001. Quaternary intra-arc extension in the central Trans-Mexican volcanic belt. *Geological Society of America Bulletin* 113(6):693-703.
- Suter, M., J. Contreras-Pérez y H. Ochoa Camarillo. 1997. Structure of the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central México. En: *Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados*. Libro-Guía de las excursiones geológicas, Excursión 2. A. Gómez Caballero y M. Alcayde Orraca (eds.). Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH/Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 45-63.
- Tarbut, E y F. Lutgens. 2005. *Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física*. Pearson, España.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Litología

Carlos Esquivel Macías, Màrius Ramírez Cardona y Kinardo Flores Castro

Introducción

La biodiversidad de Hidalgo es expresión y consecuencia de su geodiversidad, porque los seres vivos evolucionan y se diversifican en función de las variaciones ambientales, en las que el estado es rico. Esto se debe a la confluencia de dos importantes y bien definidas provincias geológicas: el Eje Volcánico Transversal (EVT, también denominado Faja Volcánica Transmexicana) y la Sierra Madre Oriental (SMO). Estas provincias incluyen a su vez diferentes etapas de la integración geológica del país, a través de las cuales se acumularon rocas, minerales y sedimentos diversos.

De manera general las rocas se clasifican en metamórficas, sedimentarias e ígneas, y dependiendo de su etapa de formación, reflejan características que hacen posible clasificarlas dentro de un orden cronoestratigráfico. En las figuras 1 y 2 se ilustra la antigüedad y distribución de la litología en Hidalgo, en la que sólo se menciona la información identificada, ya que para algunos sitios aún no se ha determinado la época o edad de las rocas.

Rocas metamórficas

Son parte fundamental del ciclo planetario de las rocas; se producen por compresión o calentamiento

de rocas preexistentes dentro de la corteza, durante el proceso de formación de montañas, o bien por contacto directo con magma aún fundido. Por ejemplo, en la SMO existen tanto rocas metamórficas regionales (producto del plegamiento y choque de continentes antiguos) como metamórficas de contacto (generadas por la intrusión de cuerpos magmáticos del Terciario y Cuaternario en calizas mesozoicas).

En la barranca de Huiznopala, al noreste del estado, afloran los llamados gneis¹ (Ortega-Gutiérrez *et al.* 1992, Sedlock *et al.* 1993, SGM 2005), para los cuales se cuenta con evidencia mineralógica de haberse transformado por intenso calor y presión, debido a que antiguas rocas ígneas fueron cubiertas a 20 o 30 km en la corteza terrestre. Su alto contenido de cuarzo confiere a estas rocas dureza, densidad y elevada resistencia a la erosión, además de que no presentan porosidad. Su edad radiométrica data de 1 240 millones de años (Ma; García-Dueñas *et al.* 1992), y lleva a explicar su origen y el de México en tiempos muy remotos: el periodo Grenvilliano (hace 900 a 1 200 Ma) de la era Neoproterozoica, de la que sólo existen vestigios a nivel mundial. Actualmente, esa antigüedad se reconoce en rocas de diversas partes del territorio mexicano, pero los gneis solo afloran en sitios contados dentro de Oaxaquía.² En Oaxaquía es poco probable encontrar fósiles, ya

¹ Rocas metamórficas caracterizadas por presentar minerales dispuestos en bandas definidas.

² Oaxaquía se refiere a un microcontinente que existió hace mil millones de años (antes del supercontinente Pangea) y cuya evolución geológica ha dado como resultado la configuración de una parte del territorio mexicano actual. El nombre hace alusión a los valles centrales de Oaxaca, donde Ortega-Gutiérrez *et al.* (1995) definieron a los gneis, rocas que sustentan la existencia de Oaxaquía.

Esquivel Mac s, C., M. Ramírez Cardona y K. Flores-Castro. 2021. Litología. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 41-51.

Eonotema/Eon	Eratema/Era	Sistema/Período	Sistema/Época	Piso/Edad	Piso/Edad (Ma)	
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	S	Megalayense	0.0042
				M	Norgripiense	0.0082
				I	Greolandiense	0.0117
				Plesitocedno		2.58
		Neógeno			Plioceno	5.33
					Mioceno	23.03
					Oligoceno	33.9
		Pelógeno			Eoceno	56.0
					Paleoceno	66.0
			Cretácico	Superior	Maastrchtiense	
	Campaniense				83.6 ± 0.2	
	Santoniense				86.3 ± 0.5	
	Coniaciense				89.8 ± 0.3	
	Turoniense				93.9	
	Cenomaniense				100.5	
	Albiense				-113.0	
	Inferior	Apriense		-125.0		
		Barremiense		-129.4		
		Huateriviense		-132.9		
		Valanginiense		-139.8		
		Berriasiense		-145.0		
		Superior		Titoniense		152.1 ± 0.9
				Kimmeridgiense		157.3 ± 1.0
	Oxfordiense		163.5 ± 1.0			
	Medio	Calloviense		166.1 ± 1.2		
		Bathonense		168.3 ± 1.3		
		Bajociense		170.3 ± 1.4		
		Aalleniense		174.1 ± 1.0		
		Toarciense		182.7 ± 0.7		
	Inferior	Pliensbachiense		190.8 ± 1.0		
		Sinemuriense		199.3 ± 0.3		
		Hettangiense		201.3 ± 0.2		
			Triasico		251.902 ± 0.24	
			Permico		298.9 ± 0.15	
	Paleozoico	Carbonífero	Pensilvánico	Superior		307.0 ± 0.1
Medio				315.2 ± 0.2		
Inferior				323.2 ± 0.4		
Misisípico			Superior		330.9 ± 0.2	
			Medio		346.7 ± 0.4	
			Inferior		358.9 ± 0.4	
Devónico		Superior		382.7 ± 1.6		
		Medio		393.3 ± 1.2		
		Inferior		419.2 ± 3.2		
		Silúrico		443.8 ± 1.9		
		Ordovícico		485.4 ± 1.9		
		Cámbrico		541.0 ± 1.0		
Precámbrico	Neoproterozoico	Ediacárico		-635.0		
		Criogénico		-720.0		
		Tónico		1000.0		
	Mesoproterozoico	Esténico		1200.0		
		Ectásico		1400.0		
		Calímico		1400.0		
		Paleoproterozoico		2500.0		

Figura 1. Diferentes etapas cronoestratigráficas presentes en Hidalgo (el tamaño de las filas no representa la duración de cada etapa o la profundidad del estrato). S: Superior; M: medio; I: inferior; Ma: millones de años. Fuente: modificado de Cohen *et al.* 2018.

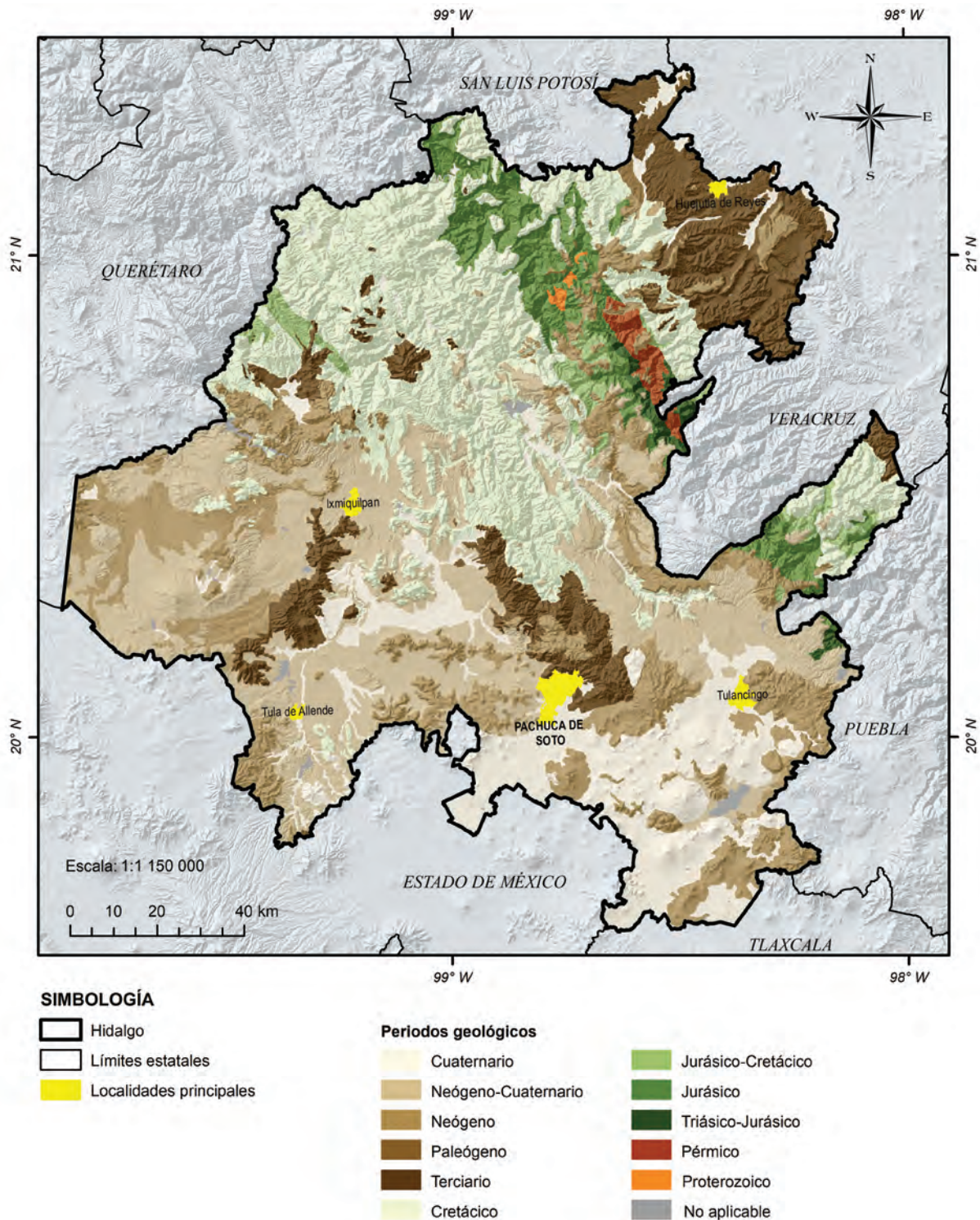


Figura 2. Periodos geológicos presentes en las rocas de Hidalgo. Fuente: modificado de INEGI y SGM 2005.



Figura 3. Rocas de la formación Huayacocotla (pertenecientes al Jurásico inferior) en San Bartolo Tutotepec. Foto: Carlos Esquivel Macías.

que por ahora solo ha sido posible registrar la existencia de organismos multicelulares de cuerpo blando con la misma antigüedad (1 000 Ma). A pesar de ello, las rocas de Oaxaquía son un componente de la geodiversidad de Hidalgo y constituyen el núcleo de la SMO.

Rocas sedimentarias

Este tipo de rocas representan la acumulación de fragmentos rocosos preexistentes, particularmente desde los continentes (arena y lodo); o bien, son producto de procesos de acumulación de partículas orgánicas en las cuencas marinas y lacustres. Las rocas sedimentarias se concentran en la SMO; son de origen marino y generalmente pertenecen a la era Mesozoica. Forman una provincia geológica que subsiste a todos los criterios de clasificación, tanto geomorfológicos y tectónicos, como geológicos, fisiográficos o bióticos (Rzedowski 2006, López-Ramos 1979, Ferrusquía-Villafranca 1998); no obstante, se discute su cobertura. Comparativamente está mejor estudiada que el EVT, pues contiene recursos

asociados como petróleo, gas, carbón, manganeso, cemento y roca fosfórica, entre otros.

La aparición de muchas rocas de edad común desde Hidalgo hasta Sonora (Suter *et al.* 1997) da la impresión de que la SMO es una estructura formada simultáneamente. Tal supuesto incluye la prolongación hacia el sur de México con las rocas del Sinemuriano (195 Ma), limolitas y arenisca apizarradas que se ven en Hidalgo y representan los mismos ambientes sedimentarios y fauna fósil que algunas rocas equivalentes en los estados de Oaxaca y Puebla. Tal continuidad sugiere una franja rocosa originada en el Jurásico inferior (figura 3) que va desde Puebla e Hidalgo hasta Sonora; no obstante, el criterio aquí es que la SMO termina en el sur de Hidalgo, en contacto con el EVT, y que las rocas jurásicas continentales similares de Oaxaca y Puebla son un evento independiente (Ferrusquía-Villafranca 1998). En su otro extremo, la SMO presenta un sector transversal que abarca desde la sierra Del Patrón en Durango (al este de la ciudad de Torreón, Coahuila) hasta la sierra Las Mitras en Monterrey, Nuevo León.



Figura 4. Rocas de la formación Pimienta, en la ruta San Bartolo-Huehuetla. Foto: Carlos Esquivel Macías.

La mayor parte del segmento sur de la SMO, entre Tamaulipas e Hidalgo, manifiesta una variedad de cuerpos de roca sedimentaria estratificados en orden cronológico, completamente plegados y fallados en series de anticlinales y sinclinales (respectivamente pliegues positivos que forman una elevación de la corteza, y negativos que generan su hundimiento). Estos cuerpos destacan en el segmento de la sierra Otomí-Tepesua de la Huasteca Hidalguense, así como en el segmento Metztlán-Zacualtipán-Molango, donde se aprecian rocas del Jurásico inferior (formación Huayacocotla; Imlay *et al.* 1948), Jurásico medio (formaciones Tepexic y Santiago; Erben 1956) y Jurásico superior (formaciones Pimienta y Trancas, figura 4; Segerström 1961).

También destacan del Cretácico inferior las formaciones calizas Santuario (Segeström 1961) y Tamaulipas inferior (López-Ramos 1979); y del Cretácico superior la formación El Doctor (Wilson *et al.* 1955). Debajo de todas estas rocas mesozoicas, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 1983) postula la existencia de rocas del periodo Triásico (formación Huizachal), aunque esto no ha sido

demostrado. La formación Huizachal consta de areniscas constituidas a partir de rocas ígneas, a las cuales se les ha comparado con areniscas rojas de Tamaulipas que contienen vertebrados jurásicos, lo que contradice la supuesta edad triásica. Su ubicación corresponde con una parte del núcleo del bosque mesófilo de montaña que aún subsiste en Hidalgo y Veracruz (García-Dueñas *et al.* 1992, Ferrusquía-Villafranca 1998, SGM 2005).

Debajo de los cuerpos de roca mesozoicos de la SMO se documenta el Paleozoico superior, en particular los periodos Pérmico superior (edades Ochoano, Guadalupiano y Wolfcampiano) y Carbonífero (Centeno-García y Rosales-Lagarde 1997, Vachard *et al.* 2004, SGM 2004). Estas rocas paleozoicas de origen marino representan sedimentos de laguna costera desplazados por actividad volcánica, denominados Flysch, en el área de Calnali y Zacualtipán/Tianguistengo en la formación Tuzancoa/Guacamaya (figura 5; Centeno-García y Rosales-Lagarde 1997), debajo de la cual se asume un contacto con el basamento Oaxaquía. Cabe indicar que no hay registro de rocas del Paleozoico inferior en la región.



Figura 5. Rocas del Pérmico en la localidad Otlamalacatla (formación Tuzancoa/Guacamaya). Foto: Carlos Esquivel Macías.

En pocos lugares dentro de la SMO, como la sierra Otomí-Tepehua en el municipio Tenango de Doria, se aprecia el contacto directo entre las rocas sedimentarias del Jurásico inferior (Sinemuriano) con las volcánicas del Cenozoico (Oligoceno-Mioceno). Esto evidencia que, después del levantamiento tectónico de las rocas jurásicas (orogenia Laramide), hubo una intensa erosión que culminó con el vulcanismo del Cenozoico y la formación del EVT, dejando un intervalo de 160 Ma sin presencia de registros rocosos (sedimentos perdidos) en dichos sitios.

Sobre el noroccidente de Hidalgo, colindante con Querétaro y San Luis Potosí, la SMO se denomina Sierra Gorda, predominando terrenos calcáreos cretácicos de las formaciones El Doctor y El Abra (figura 6; Wilson *et al.* 1955, Suter *et al.* 1997). En esta región del estado también se presentan lutitas calcáreas (del Jurásico superior) en la formación Méndez, y lutitas calcáreas (Jurásico superior) de la formación Trancas (atribuibles a la Plataforma Valles-San Luis Potosí; Carrillo-Bravo 1971); mientras que en el área de Zimapán y el poblado Las Trancas afloran elementos rocosos marinos del Jurásico

medio (Segerström 1961). En el área de Nicolás Flores y el Parque Nacional Los Mármoles, las calizas de edad cretácica se vieron afectadas por el contacto con un magma de edad cenozoica que las atravesó desde abajo, generando metamorfismo y múltiples recursos asociados (Skarn) como cobre, fierro, wollastonita, edenberghita y mármol; este último es explotado intensamente a costa del deterioro del paisaje.

Actualmente la SMO se caracteriza por una intensa erosión, haciendo que su estructura de plegamiento anticlinal (de elevación) en sentido noroeste-sureste, esté profusamente cortada en sentido transversal. Entre los valles y cuencas producidas a finales del Cretácico e inicio del Cenozoico, se acumulan sedimentos de erosión como caliche, que forma suelos muy pobres no aptos para agricultura, específicamente en el área de Metztlán y Cardonal, donde destacan las formaciones El Abra, El Doctor, Cuesta del Cura y Tamabra. Esta descripción litológica se adapta también al territorio hidalguense noroccidental y nor-central, donde tiene presencia la Plataforma Valles-San Luis Potosí, la cual representa



Figura 6. Calizas masivas de la formación El Doctor, en los alrededores de la presa de Zimapán. Foto: Carlos Esquivel Macías.

un rasgo complementario de la SMO (Ferrusquía-Villafranca 1998, López-Ramos 1979).

Rocas ígneas

Son agregados minerales, cuya naturaleza cristalina se debe al enfriamiento variable del magma que arrojan los volcanes, o el producido cuando se agrieta y fractura la corteza por procesos sísmicos y tectónicos. La variedad de este tipo de rocas en el EVT de Hidalgo incluye casi todo su espectro de composición mineral, desde félsicas (granitos) hasta máficas (basaltos), no así ultramáficas (que usualmente son producidas en cámaras magmáticas muy profundas; Gómez-Tuena *et al.* 2005).

Muy características son las andesitas, rocas que se forman a partir de un magma generado por la subducción de la placa Pacífica bajo la Norteamericana (a cientos de kilómetros de profundidad, en el centro-sur de México), mismo que se abre paso a través de rocas calizas más antiguas. Esto implica magma influenciado con carbonatos que cambian la composición química del magma que sube, pro-

duciendo ahora magmas de composición calcoalcalina, los cuales son los más frecuentes en el EVT.

Las rocas carbonatadas (calizas) que producen ese efecto afloran a la superficie –tanto al sur como al norte del EVT– y son evidencia de la presencia de antiguos mares que ocupaban el continente Norteamericano durante el Mesozoico (Sedlock *et al.* 1993, Shaaf *et al.* 2005). No obstante, considerando que hay magmas de diferentes composiciones en el EVT, se plantea que provienen de diferentes profundidades en dicho plano de subducción, lo que generó variedad en la edad de las rocas del EVT.

Las rocas del Cenozoico medio (Oligoceno-Mioceno) se concentran en el occidente del EVT (Sedlock *et al.* 1993). Por su parte, el EVT es más joven hacia el oriente (Hidalgo y Puebla), donde las rocas volcánicas más antiguas provienen de lavas (andesíticas a basálticas), piroclastos o cenizas (andesíticas, dacíticas y riódacíticas) del Oligoceno, y predominan elementos del Mioceno hasta el Pleistoceno.

Para Hidalgo se distinguen tres etapas volcánicas: 1) Mioceno superior andesítico e intermedio; 2) Mioceno

superior a Plioceno andesítico-basáltico; y 3) andesítico basáltico a fines del Plioceno cuaternario (Cantagrel y Robin 1979). Estas etapas produjeron al menos ocho unidades litológicas (formaciones) reconocibles en el sur del estado (conocidas bajo la denominación común Grupo Pachuca), combinando un espesor de 2 000 m de materiales volcánicos (Geyne *et al.* 1963):

- Formación Las Espinas, que se identifica como un conjunto de derrames andesítico-basálticos.
- Formación Tobas Don Guiño, con brechas riolíticas del Plioceno, al oeste de Ixmiquilpan.
- Formación Zumate (Fries *et al.* 1962) representada por las peñas y promontorios que definen al Parque Nacional El Chico. Se sobrepone a todas las formaciones anteriores, y se reconoce por derrames de lava de color gris rosado (dacíticas) y depósitos de lodo volcánico consolidado (lahares) sobre la sierra El Chico-Pachuca y Actopan; a su vez, subyace a la formación San Cristóbal del Plioceno Superior.
- Formación Tezoantla, compuesta por derrames de lavas y cenizas dacíticas bandeadas (Plioceno superior), al norte de Real del Monte.
- Formación San Cristóbal, integrada por derrames de basaltos y andesitas, entre Pachuca y Real del Monte (Fries 1960, Geyne *et al.* 1963).
- Formación Tlanchinol, con basaltos que descansan discordantemente sobre rocas marinas no especificadas (Robin 1976), presumiblemente pérmicas (obs. pers.).
- Formación Tarango, con rocas volcano-sedimentarias de arrastre pluvial que rellenaron cuencas lacustres, ya que en este sector del EVT se formaron lagos (actualmente secos).
- Formación Atotonilco el Grande; similar a Tarango, pero incluye tobas intemperizadas y producción de suelos rojos lateríticos en el flanco norte de la sierra de Pachuca, por el distinto régimen de humedad de la zona.

Los eventos volcánicos del Cenozoico tardío se originaron por grandes volcanes –de erupciones múltiples y generalmente cíclicas– que se denominan estratovolcanes (p.e. Popocatepetl o Malinche) y por volcanes pequeños –de ceniza y escoria que hacen erupción una sola vez– denominados conos cineríticos asociados (p.e. El Xitle o el Cuautli; García-

Dueñas *et al.* 1992). Vale la pena mencionarlos porque el EVT es considerado mundialmente una zona con gran concentración de conos cineríticos (Schaaf *et al.* 2005); aquí también son frecuentes campos de lava sin cráter, formados por derrames de basalto llamados malpaíses o pedregales negros (como el Pedregal de San Ángel, en la Ciudad de México).

Muy notables también en Hidalgo son las calderas volcánicas, entre ellas las de Tulancingo (figura 7) y Huichapan del Cuaternario tardío (Silva-Mora y Córdoba 1996), que fueron volcanes gigantes generadores de erupciones muy explosivas, al grado que arrasaron grandes áreas y dejaron llanuras rodeadas de montañas (que no son otra cosa que los confines de un gran cráter); producen piedra pómez y obsidiana.

También destaca la sierra adyacente al norte de Pachuca y Actopan con edad miocénica (Parque Nacional El Chico), que en su flanco norte muestra derrames basálticos recientes sobre las regiones de Mezquitlán, Metztitlán, Zacualtipán, Tianguistengo y Tlanchinol (García-Dueñas *et al.* 1992). Estos derrames volcánicos entran en contacto directo sobre sedimentos mesozoicos y paleozoicos (discordancia). Toda esta actividad volcánica generó cuencas sin salida de ríos (endorreicas), como la de Metztitlán, o la del Valle de México incluido el sur de Hidalgo, lagos que al secarse dejaron llanos fértiles como los de Ápan. En tales cuencas también se formaron sedimentos con diatomeas (algas microscópicas que abundan cuando los lagos reciben sedimentos volcánicos); estas son las diatomitas de valor comercial que ocurren en Acatlán, Amajac y Zacualtipán con edad Cuaternaria glacial, evidenciada por fósiles de vertebrados, plantas y moluscos (Ferrusquía-Villafranca 1998).

Cuerpos de roca no volcánicos

Aunque el EVT se caracteriza por su naturaleza volcánica, y por lo tanto de rocas arrojadas por volcanes (extrusivas), en la zona de Zimapán y Jacala hay dos grandes cuerpos ígneos que no forman parte del EVT y no se enfriaron en la superficie; es decir, son intrusivos (Simons y Mapes 1957, García-Dueñas *et al.* 1992, Carrillo-Martínez 1997, Suter *et al.* 1997), y se plantea que tuvieron origen durante la orogenia Laramide.



Figura 7. Tobas no consolidadas en el municipio Tenango de Doria, provenientes de la caldera de Tulancingo. Paisaje causado por erosión y modificación antropogénica. Foto: Carlos Esquivel Macías

Segerström (1961) también indica que, al noroeste de Zimapán, asociado a la histórica producción minera, se encuentra un cuerpo rocoso ígneo intrusivo emparentado con la roca denominada granito (grano-diorita). Esto se encuentra en el Parque Nacional Los Mármoles, con edad de 62 Ma. Otras manifestaciones ígneas menores en esta zona son la actividad volcánica vestigial al sureste del puerto de montaña Las trancas, donde afloran rocas de tipo riolitas-andesíticas; es decir, magmas de proveniencia relativamente profunda y que alcanzaron a fluir en la superficie, pero no pertenecen a los eventos del EVT.

Conclusión

Hidalgo es un laboratorio natural donde se aprecian múltiples litologías que, mediante procesos de

intemperismo, han originado una amplia variedad de suelos en la entidad. Esto repercute directamente en la diversidad de comunidades vegetales, que tienen claras preferencias por los distintos sustratos y en la cantidad de endemismos, que son producto combinado de: 1) los procesos de aislamiento generados en una topografía compleja; 2) fuentes diversas de nutrimentos derivados de las rocas; y 3) la diferencia de capacidades en la retención de agua por parte de las unidades litológicas y sus suelos asociados.

La biodiversidad de la entidad también se nutre de una larga historia evolutiva, expresada en los fósiles de diversas rocas sedimentarias paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas. Lo anterior denota la importancia de conocer la historia y evolución registrada en las rocas de Hidalgo, como plataforma de entendimiento para la diversidad biológica.

Referencias

- Cantagrel, J.M. y C. Robin. 1979. K-Ar dating on Eastern Mexican volcanic rocks—relations between the andesitic and the alkaline provinces. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 5:99-114.
- Carrillo-Bravo, J. 1971. La Plataforma Valles-San Luis Potosí. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 23:1-102.
- Carrillo-Martínez, M. 1997. *Hoja Zimapán 14Q-e (7) con resumen de la geología de la hoja Zimapán, estados de Hidalgo y Querétaro. Carta Geológica de México, serie 1:1 000 000*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- Centeno-García, E. y L. Rosales-Lagarde. 1997. Itinerario de la excursión al anticlinorio de Huayacocotla en la región de Molango, Estado de Hidalgo. En: *Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados*. Libro-Guía de las excursiones geológicas, Excursión 1. A. Gómez Cabañero y M. Alcayde Orraca (eds.). Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH/Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 27-43.
- Cohen, K.M., D.A.T. Harper y P.L. Gibbard. 2018. *ICS International chronostratigraphic chart 2018/08*. En: <www.stratigraphy.org>, última consulta: diciembre de 2019.
- Erben, H.K. 1956. El Jurásico medio y el Calloviano de México. En: *xx Congreso Geológico Internacional: México*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1998. Geología de México, una sinopsis. En: *Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución*. R.B. Ramamoorthy, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 3-108.
- Fries, C. Jr. 1960. *Resumen de la geología de la hoja Pachuca, estados de Hidalgo y México. Carta Geológica de México, serie 1:100 000*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- . 1962. *Hoja Pachuca 14q-e (11), con resumen de la geología de la hoja Pachuca, estados de Hidalgo y México, serie 1:100 000*. UNAM, México.
- García-Dueñas, J.C., M.A. Frías-González, J. Benítez-López et al. (comps.). 1992. *Monografía geológico-minera del estado de Hidalgo*. Secretaría de Energía, Hidalgo.
- Geyne, A.R., C. Fries, K. Segeström et al. 1963. *Geología y yacimientos minerales del Distrito Minero Pachuca-Real del Monte Estado de Hidalgo, México*. Consejo de Recursos Naturales No renovables, México.
- Gómez-Tuena, A., M.T. Orozco-Esquivel y L. Ferrari. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 57:227-283.
- Imlay, R.W., E. Cepeda, M. Álvarez y T. Díaz-González. 1948. Stratigraphic relations of certain Jurassic formations in eastern Mexico. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin* 32(9):1750-1761.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1983. *Carta Geológica 1:250 000 Pachuca F14-11*. INEGI, México.
- INEGI y SGM. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, y Servicio Geológico Mexicano. 2005. *Continuo Nacional de Geología de la República Mexicana escala 1:250, 000*. INEGI/SGM, México.
- López-Ramos, E. 1979. *Geología de México*. Edición Escolar, México.
- Ortega-Gutiérrez, F., M.L. Mitre Salazar, J. Roldán-Quintana et al. 1992. *Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2 000 000*. Instituto de Geología-UNAM/Secretaría de Minas, México.
- Ortega-Gutiérrez, F., J. Ruiz y E. Centeno-García. 1995. Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the Paleozoic. *Geology* 23:1127-1130.
- Robin, C. 1976. El vulcanismo de las planicies de la Huasteca (este de México), datos geoquímicos y petrográficos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 96:55-92.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. CONABIO, México.
- Schaaf, P., J. Stimac, C. Siebe y J.L. Macías. 2005. Geochemical evidence for mantle origin and crustal processes in volcanic rocks from Popocatepetl and surrounding monogenetic volcanoes, Central Mexico. *Journal of Petrology* 46(1):1243-1282.
- Sedlock, R.L., F. Ortega-Gutiérrez y R.C. Speed. 1993. *Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Boulder, Colorado*. Geological Society of America, Estados Unidos.
- Segeström, K. 1961. Geología del sureste del estado de Hidalgo y del noreste de México. *Boletín de la Asociación Geólogos Petroleros* 3-4:147-168.
- SGM. Servicio Geológico Mexicano. 2004. *Carta geológico-minera Pahuatlán F14-D73, escala 1:50 000*. En: <http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1814_F14-D73_GM.pdf>, última consulta: enero de 2020.
- . 2005. *Carta geológico-minera Calnali F14-D52, escala 1:50 000*. En: <http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/1772_F14-D52_GM.pdf>, última consulta: junio de 2019.
- Silva-Mora, L. y D.A. Córdoba. 1996. Vulcanismo explosivo del norte y oeste de la Ciudad de Tula, Estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 13(1):52-64.
- Simons, F.S. y E. Mapes. 1957. Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Hidalgo. *Boletín del Instituto Nacional de Investigaciones en Recursos Minerales* 40:282.

- Suter, M., J. Contreras-Pérez y H. Ochoa Camarillo. 1997. Structure of the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central México. En: // *Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados. Libro-Guía de las excursiones geológicas, Excursión 2*. A. Gómez Caballero y M. Alcayde Orraca (eds.). Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH/Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 45-63.
- Vachard, D., A. Flores de Dios y B. Buitrón. 2004. Guadalupian and Lopingian (Middle and Late Permian) deposits from Mexico and Guatemala, a review with new data. *Geobios* 37(1):99-115.
- Wilson, B.W., J.P. Hernández y E.T. Meave. 1955. Un banco calizo del Cretácico en la parte oriental del Estado de Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Geológica de México* 18(1):1-10.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Yacimientos minerales

Kinardo Flores Castro, Carlos Esquivel Macías y Màrius Ramàrez Cardona

La minería en México

La minería constituye una de las actividades con mayor tradición en el país, ya que se ha practicado desde la época prehispánica y ha sido reconocida como un factor de avance y desarrollo económico para la nación. En sus inicios la minería tenía mayor auge al sur del país, en estados como Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Se reconocen tres momentos históricos en la industria minera mexicana. En el primero, durante el Porfiriato, la actividad minera se llevó a su máximo esplendor con la construcción y expansión del ferrocarril por todo el país, permitiendo un flujo comercial en todo el territorio mexicano; además, se comenzó a utilizar la energía eléctrica para las labores mineras, lo que impulsó exponencialmente la economía. Posteriormente en 1910, con el inicio de la Revolución Mexicana, comienza una época de decadencia en la producción minera (y en todos los sectores productivos del país); sin embargo, se recuperó rápidamente en el tercer momento histórico, con la proclamación de la constitución de 1917, donde se establecen las bases y lineamientos jurídicos para la orientación de la minería moderna (Romero Gil 2001).

En relación con los yacimientos minerales, México es un referente mundial por su riqueza mineralógica,

misma que fue generada por las condiciones geológicas privilegiadas en su territorio.¹ Para el caso particular de Hidalgo, existen importantes depósitos tipo skarn² y relacionados a sistemas geotérmicos de baja temperatura, los cuales se encuentran enmarcados principalmente en los distritos mineros de Molango, Pachuca-Real del Monte y Zimapán (figura 1).

Distrito minero Molango

El primer hallazgo de mineral fue realizado en 1958 en Piedras Negras, localidad ubicada 5 km al suroeste de Molango, en lo que ahora es el yacimiento de manganeso más grande del país y uno de los más importantes del mundo (IMNI 2018). De este yacimiento se extrae 93.47% de la producción de manganeso a nivel nacional (SGM 2019) y posiciona a México entre los 10 países con mayor producción en el mundo (IMNI 2018). Esta región puede ser catalogada de clase mundial, debido a la gran magnitud de extracción y capacidad de proceso instalado en la zona; los usos y aplicaciones tecnológicas de este mineral se vinculan principalmente a las industrias del acero (ferroaleaciones) y automotriz, además de emplearse para acumuladores, baterías, pinturas, recubrimientos antioxidantes y vidrio, entre otros usos.

¹ Estas condiciones están ligadas al Cinturón de Fuego del Pacífico, donde la tectónica permitió la evolución y actividad de diversos procesos de subducción que, junto con otros fenómenos (p.e. actividad magmática, fluidos hidrotermales mineralizantes, interacción con rocas encajantes), dieron como resultado la composición mineralógica de México.

² Rocas compuestas de minerales silicatados, ricos en calcio (Tarbuck y Lutgens 2005).

Flores-Castro, K., C. Esquivel Macías y M. Ramírez Cardona. 2021. Yacimientos minerales. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 53-59.

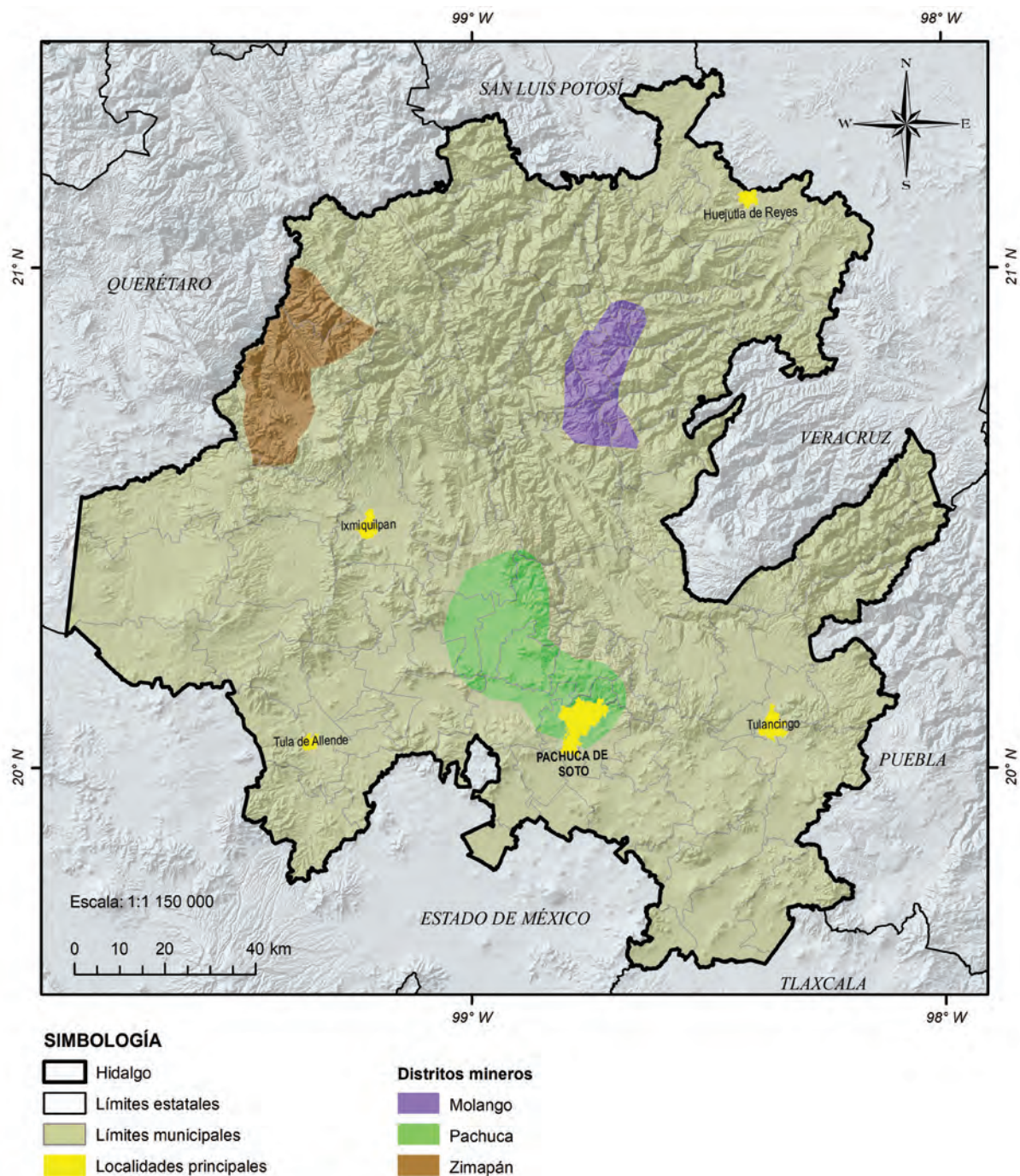


Figura 1. Ubicación aproximada de los principales distritos mineros descritos para Hidalgo. Fuente: SGM 2019 (representación de distritos Jessica Bravo Cadena).



Figura 2. Tajo Naopa, distrito minero Molango. Foto: Kinardo Flores Castro.

El yacimiento de manganeso del distrito minero Molango se encuentra en rocas jurásicas de la Sierra Madre Oriental (Okita 1992, Santander de la Rosa 2016, Álvarez-Romero 2017), representadas por las siguientes formaciones geológicas: Huayacocotla (Jurásico inferior), Tepexic (Jurásico medio), Tamán, Santiago y Chipoco (todas ellas del Jurásico superior), cuyo contenido de manganeso varía de 6 a 37%. Sin embargo, por el interés económico, la extracción se restringe solamente a la base del cuerpo de roca mineralizado (manto), con concentración de manganeso superior a 25%.

Los depósitos de manganeso conocidos en este distrito se encuentran dentro de un área alargada y orientada de norte a sur, con unos 50 km de longitud por 25 km de anchura. No obstante, la facies³ manganesífera no se encuentra en forma continua dentro del distrito, sino que se ha erosionado en la parte central, quedando descubiertos 90 km lineales de afloramientos, los que desarrollan 180 km² con evidencias de la facies manganesífera.

Eguía-Romero (1979), Maynard y colaboradores (1990) y Okita (1992) sugieren que el depósito de manganeso en Molango consiste en carbonato de manganeso con materia orgánica dispersa y piritita

diseminada, los cuales relacionan su presencia en la columna de agua en una cuenca restringida con actividad de vulcanismo submarino activo y distal a la cuenca, durante el proceso de la apertura del golfo de México. Las principales fases mineralógicas de manganeso presentes en este distrito son rodocrosita, manganocalcita y pirolusita (Flores-Castro *et al.* 2015, Santander de la Rosa 2016). La explotación por manganeso en esta región ha ocasionado impactos directos relacionados con deforestación, además de afectaciones a la calidad del agua y aire por emisión de polvos, deteriorando la salud de los habitantes (figura 2).

Distrito minero Pachuca-Real del Monte

Se ubica en el sector oriental del Eje Volcánico Transversal (o Faja Volcánica Transmexicana), conformado por secuencias piroclásticas del Plioceno temprano (hace aproximadamente 4.7 millones de años), intercaladas y cubiertas por lavas de composición basáltica que constituyen un arreglo petrológico bimodal (Gómez-Tuena *et al.* 2005). El conjunto litológico característico de este distrito se encuentra

³ Aspecto característico que define a un grupo de rocas.



Figura 3. Cantera de Tezoantla, distrito minero de Real del Monte. Foto: Kinardo Flores Castro.

en la porción oriental de la sierra de Pachuca, al sur-este del estado, representado por andesitas, riolitas y basaltos de edad paleógena (Terciario; Aguilera 1897, Álvarez-Romero 2017), que se distribuyen en toda la región montañosa y que en conjunto constituyen al denominado Grupo Pachuca.

El Grupo Pachuca está constituido por rocas con un espesor de alrededor de 2 000 m; descansa en discordancia angular⁴ sobre rocas sedimentarias del periodo Cretácico, y se caracteriza por estar intensamente mineralizado. El yacimiento mineral que alberga (clasificado como de clase mundial) es de tipo hidrotermal de baja temperatura (Camprubí 2003), siendo uno de los depósitos de plata más importantes, entre los que figuran la plata nativa, los sulfuros de plata como la argentita y la acantita, y otras sulfosales identificadas: polibasita, proustita, pirargirita, estefanita, miargirita y stenbergitita (Azpeitia-Caballero 2007). Su explotación se ha desarrollado desde la época prehispánica, hasta hace pocos

años, por la Compañía Real del Monte y Pachuca. Es pertinente mencionar que en este distrito también se llevan a cabo operaciones mineras a cielo abierto para la explotación de canteras de rocas volcánicas de composición dacítica (Vázquez-Bautista 2016) en detrimento de los bosques de pino-encino (figura 3).

Distrito minero Zimapán

Se ubica al centro-oriental de México, en el límite entre el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre Oriental. Esta región también ha sido explorada y explotada, desde la época precolombina hasta la actualidad, para la extracción de minerales metálicos ricos en plomo, zinc y plata (para ésta última figuran la galena, esfalerita y sulfosales de plata; Simons y Mapes 1956, 1957a, b, García y Querol 1991, Yta y Moreno-Tovar 1997), además de hierro (hematita-magnetita), cobre (azurita, bornita, crisocola,

⁴ La discordancia en geología se refiere a relación geométrica entre capas de sedimentos; en la discordancia angular los estratos más antiguos inclinan con un ángulo diferente al de los más jóvenes.



Figura 4. Ejemplo de mineralización de hierro-cobre en Jacala de Ledezma, distrito minero Zimapán. Foto: Kinardo Flores Castro.

malaquita), oro libre y con telurio (calaverita; Flores-Castro *et al.* 2006, 2013). En 1865, la localidad La Encarnación (próxima a Zimapán) llegó a ser una de las principales productoras de hierro del país; su importancia era tal, que el producto de la explotación minera se conocía directamente como “hierro de Zimapán”.

Con respecto a las rocas intrusivas que afloran en la región, Restovic-Pérez (1973) señala la presencia de rocas ígneas intrusivas (enfriadas en el interior de la corteza) correspondientes con granodioritas (en sentido amplio), ya que localmente existen variaciones de composición (Flores-Castro 2001, Flores-Castro *et al.* 2003). Dentro de este distrito, cabe resaltar que la composición de las rocas intrusivas localizadas en la barranca de Tolimán corresponde esencialmente a monzonitas, fechadas en 40 a 43 millones de años (Vassallo *et al.* 2008), lo que difiere de la composición encontrada en el área de La Encarnación, tanto en edad como en mineralogía de los yacimientos, que se conforman típicamente por galena portadora de plata, esfalerita, pirita y pirrotita.

Las rocas ígneas enfriadas en el interior de la corteza antes descritas forman localmente depósitos de diversas especies minerales como hematita-magnetita, pirita, calcopirita, crisocola, malaquita, azurita, bornita, smithsonita, hessita, calaverita, krennerita, wollastonita, calcita, cuarzo y granates del tipo grosularia-andradita. De ellas, la calcopirita es el mineral guía de exploración que indica presencia de oro (figura 4; Flores-Castro *et al.* 2006, 2013).

Conclusión

La naturaleza geológica de Hidalgo lo posiciona como un territorio privilegiado para la existencia de yacimientos minerales, donde los distritos Molango, Pachuca-Real del Monte y Zimapán son de particular importancia.

Si bien es reconocida como un elemento de desarrollo económico, la actividad minera, desde tiempos remotos, ha impactado significativamente la calidad de vida de los seres humanos a través de la modificación del paisaje. En Pachuca, Real del Monte, Molango, Otongo, Zimapán y La Encarnación, se

verifican explotaciones (subterráneas y a cielo abierto) que han afectado diferentes mantos acuíferos y superficiales, además de vulnerar la integridad de comunidades vegetales de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y vegetación xerófila, elementos en los que se basa la riqueza natural del estado.

Las afectaciones a la biodiversidad y al ambiente por la explotación minera no se limitan a los distritos aquí descritos. Por ejemplo, es notable la extracción de roca para la industria de la construcción en la zona aledaña a Real del Monte (Tezoantla), que ha degradado considerablemente diversas comunidades de pino-encino debido a la falta de programas de regeneración de canteras, aun cuando en

la actualidad se sabe que esta acción es de observancia obligatoria.

Un caso similar se presenta en la región de Hui-chapan-Tecoautla, donde la actividad extractiva en canteras (roca dimensional) impacta severamente las comunidades de cactáceas y agaves. Por lo anterior, es necesario reforzar la aplicación de la normativa vinculada a las medidas de mitigación, como es la restauración de los paisajes y conservación de especies en riesgo afectados por la minería, tal como ocurre en casos notables asociados a la industria cementera en el municipio Santiago de Anaya, en donde se realiza rescate y reubicación de la flora local.

Referencias

- Aguilera, J.G. 1897. El Mineral de Pachuca. *Boletín del Instituto Geológico de México* 7(9):9-18.
- Álvarez-Romero, B.P. 2017. *Génesis y contrastes mineralógicos del cuerpo manganesífero de Naopa en el distrito de Molango, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en ingeniería en geología. Facultad de Ingeniería-UNAM, México.
- Azpeitia-Caballero, A. 2007. *Minerales de los distritos mineros metálicos Zimapán, Pachuca-Real del Monte, Molango y su aplicación didáctica*. Tesis profesional de ingeniero minero-metalúrgico. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Camprubí, A. 2003. Geoquímica de fluidos de los depósitos epitermales del sureste del Distrito de Temascaltepec, estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20(2):107-123.
- Eguía-Romero, G. 1979. *Estudio geológico-económico del proyecto Naopa del distrito manganesífero de Molango, Hidalgo*. Tesis profesional de ingeniería en geología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Flores-Castro, K. 2001. *Geoquímica y petrología de los granitoides de la región noroccidental del estado de Hidalgo, México: implicaciones petrogenéticas y su relación con el encajante metamórfico*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, España.
- Flores-Castro, K., R. Vaquer-Navarro, L.E. Ortiz-Hernández et al. 2003. Petrologic and geochemical constraints from La Encarnación Granitoids, Hidalgo state (Mexico). *The Geological Society of America* 35(4):19.
- Flores-Castro, K., M. Ramírez-Cardona, L.E. Ortiz-Hernández et al. 2006. Paragénesis de minerales de Te-Ag-Bi-Au en la mina Nuevo Encino Prieto, Jacala de Ledesma, Hidalgo, México. *Boletín de Mineralogía* 17(1):3-9.
- Flores-Castro, K., M.E. Balderas, F. Paz et al. 2013. Exploración geoquímica y geofísica de la mineralización de Fe-Cu-(Au) asociada al skarn de la mina "El Refugio", Jacala, Hidalgo (México). *Actas INAGEQ* 19(1):129-130.
- Flores-Castro, K., M. Ramírez-Cardona, C.D. Pérez-Ángeles et al. 2015. Sistema Mn+-MnO₂-MnCO₃: mineralogénesis en el manto manganesífero, Tajo Naopa, Molango, México. *Actas INAGEQ* 21(1):60-62.
- IMnl. International Manganese Institute. 2019. *IMnl Statistics 2018*. IMnl, Francia.
- García, G. y F. Querol. 1991. Description of some deposits in the Zimapán district, Hidalgo. En: *Economic geology of Mexico*. G. Salas (ed.). Geological Society of America, Estados Unidos, pp. 295-313.
- Gómez-Tuena, A., M. Orozco-Esquivel y L. Ferrari. 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 57(3):227-283.
- Maynard, J.B., P.M. Okita, E.D. May y A. Martínez-Vera. 1990. Paleogeographic setting of late Jurassic manganese mineralization in Molango District, Mexico. En: *Proceedings of a symposium: International Association of Sedimentologists*. Boston.
- Okita, P.M. 1992. Manganese carbonate mineralization in the Molango District, Mexico. *Economic Geology* 87:1345-1364.
- Restovic-Pérez, I.V. 1973. *Estudio geológico minero del área de La Encarnación, Municipio de Zimapán, Estado de Hidalgo*. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería-UNAM, México.
- Romero Gil, J.M. 2001. *Reseña de "La minería en el noreste de México: utopía y realidad, 1850-1910"*. En: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60053309>>, última consulta: enero de 2019.

- Santander de la Rosa, J.Y. 2016. *Caracterización mineralógica y geoquímica del yacimiento manganesífero del Tajo Naopa, Distrito Minero Molango, Hidalgo (México)*. Tesis de ingeniería en geología ambiental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- SGM. Servicio Geológico Mexicano. 2019. *Anuario estadístico de la minería mexicana 2018*. Secretaría de Economía, México.
- Simons, F.S. y E.V. Mapes. 1956. *Geology and ore deposits of the Zimapán mining district, Hidalgo, Mexico*. United States Printing Office, Estados Unidos.
- _____. 1957a. Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, estado de Hidalgo. En: *xx Congreso Geológico Internacional*. Instituto de Geología-UNAM, México.
- _____. 1957b. *Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Hidalgo*. Boletín 40. Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, México.
- Tarbutck, E.J. y F. Lutgens. 2005. *Ciencias de la Tierra una introducción a la geología física*. Pearson Prentice Hall, España.
- Vassallo, L., J.G. Solorio, M.A. Ortega-Rivera *et al.* 2008. Paleogene magmatism and associated skarn-hydrothermal mineralization in the central part of Mexico. *Bol-e* 4(3):22.
- Vázquez-Bautista, R.P. 2016. *Cartografía geológica de la sucesión de eventos volcánicos en la cantera de Tezoantla, municipio de Mineral del Monte, Hidalgo (México)*. Tesis profesional de ingeniería en geología ambiental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Yta, M. y R. Moreno-Tovar. 1997. La mineralización en los distritos mineros Pachuca-Real del Monte y Zimapán: su papel en la evolución metalogénica del Estado de Hidalgo. En: *Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados. Libro-Guía de las excursiones geológicas, Excursión 3*. A. Gómez Caballero y M. Alcayde Orraca (eds.). Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH/Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 73-87.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hidrología

Fred Yoan Pérez Corona, Ingrid Árcaga Santillán y Julián Núñez Benítez

Introducción

Para Hidalgo se reconocen dos grandes regiones hidrológicas (CONAGUA 2015). Al centro y occidente se encuentra la región hidrológica Pánuco (RH-26), que cubre 94.95% del territorio estatal con una superficie de 19 793.60 km²; abarca una porción de la Cuenca de México, las subcuencas del río Tula y del río San Juan (ríos que al integrarse forman el río Moctezuma), la subcuenca del río Amajac y parte de la subcuenca de río Tempoal. Por su parte, la región hidrológica Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla, RH-27) está presente en 5.05% del territorio estatal con un área de 1 111.52 km², y comprende corrientes que drenan una porción de la parte este de la Sierra Madre Oriental (SMO), sobre la vertiente del golfo de México (figura 1). A continuación, se desarrolla una breve caracterización de los elementos que conforman la hidrología de la entidad.

Región hidrológica RH-26 Pánuco

Esta región es considerada una de las más importantes de la república mexicana debido a que por su extensión comprende distintas regiones geomorfológicas, entre ellas la Mesa Central, la SMO y el Eje Volcánico Transversal; además, presenta una alta variación de climas relacionados a la configuración del relieve y debido a eso existe una gran cantidad de escurrimientos. Se compone de dos cuencas:

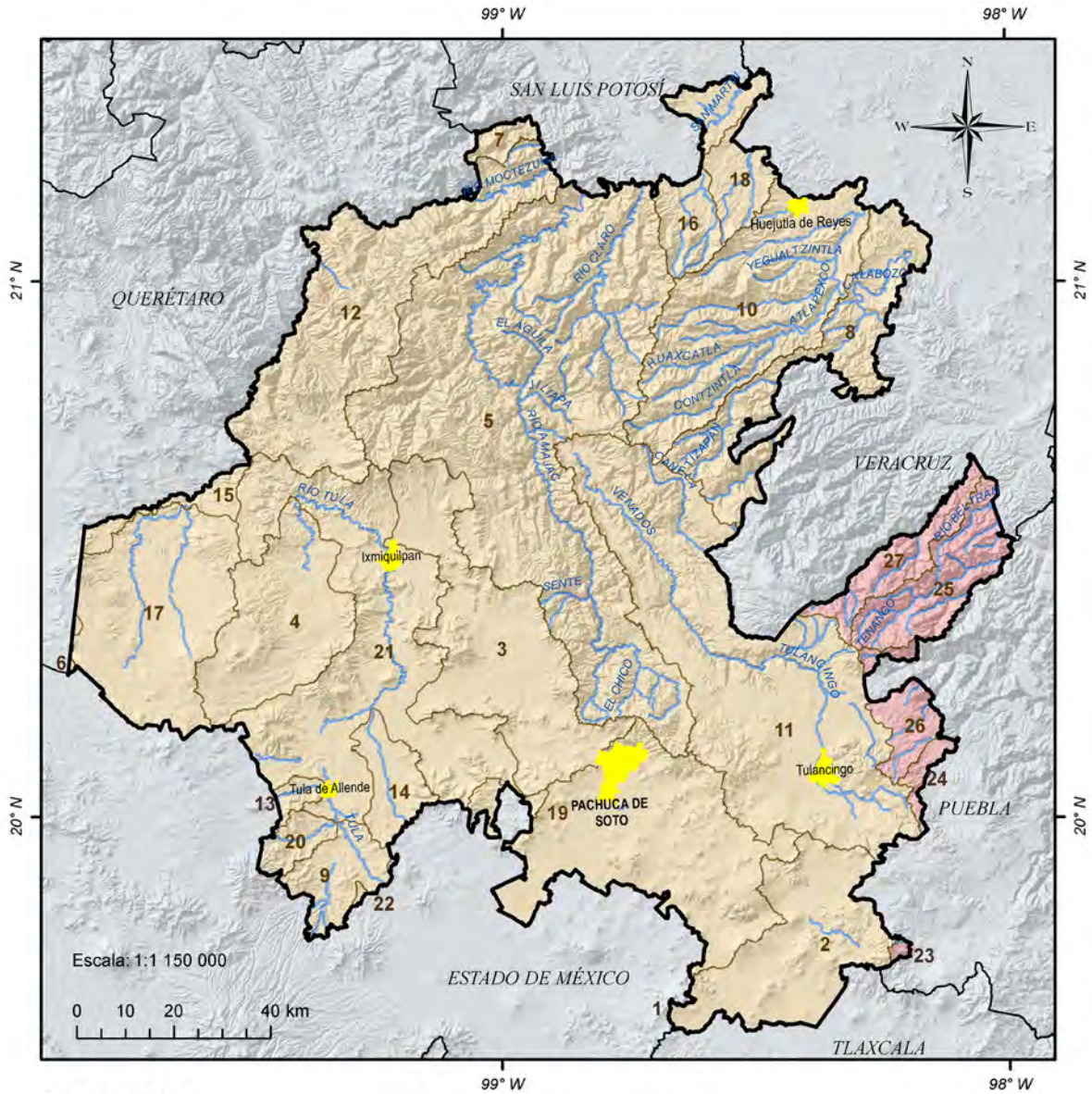
Río Pánuco y Cuenca de México, y a continuación se describen sus características dentro del territorio hidalguense.

Cuenca de México

En Hidalgo se localiza parte de la Cuenca de México, la cual es de tipo endorreico.¹ Su recarga torrencial depende de los escurrimientos de la época de lluvias; además, para su abastecimiento, tiene los aportes artificiales de las cuencas de los ríos Lerma, Chicónautla y Cutzamala (Huizar-Álvarez *et al.* 1997). Asimismo incluye pequeñas cuencas endorreicas (de los municipios Apan y Cuauhtepic de Hinojosa) y la cuenca de Pachuca, cuya corriente principal es el río de Las Avenidas, que a su vez se alimenta por las aguas residuales de la ciudad de Pachuca (utilizadas para riego); por último, la descarga de estas aguas llega a la presa Zumpango en el Estado de México (Huizar-Álvarez *et al.* 1997, 2001, Enríquez *et al.* 2011).

Las aguas residuales de dicha cuenca, provenientes de la Ciudad de México, se evacúan por un canal y una serie de túneles que descargan en el río Salado, afluente del Tula. Una de las últimas obras realizadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para controlar los excedentes de esta cuenca es el emisor oriente, que desemboca en la presa Requena sobre el río Tula en Hidalgo (Del Arenal 1985, Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999, Lesser-Carrillo *et al.* 2011).

¹ Tipo de cuenca cuyas corrientes terminan dentro de sus propios límites (Breña y Jacobo 2006).



SIMBOLOGÍA

Hidalgo

Límites estatales

Localidades principales

Corrientes de agua

Subcuencas

Región hidrológica Pánuco

- 1. L. Texcoco y Zumpango
- 2. L. Tochac y Tecocomulco
- 3. R. Actopan
- 4. R. Alfajayucan
- 5. R. Amajac
- 6. R. Arroyo Zarco
- 7. R. Axtla
- 8. R. Calabozo
- 9. R. El Salto
- 10. R. Los Hules
- 11. R. Metztlitlán
- 12. R. Moctezuma
- 13. R. Rosas
- 14. R. Salado
- 15. R. San Juan

- 16. R. San Pedro
- 17. R. Tecozutla
- 18. R. Tempoal
- 19. R. Tezontepec
- 20. R. Tlautla
- 21. R. Tula
- 27. R. Vinazco
- 22. R. Tepotzotlán

Región hidrológica Tuxpan-Nautla

- 23. R. Laxaxalpan
- 24. R. Necaxa
- 25. R. Pantepec
- 26. R. San Marcos

Figura 1. Hidrología del estado. Se observan las regiones hidrológicas, corrientes de aguas permanentes y subcuencas. Fuente: INEGI 2010, CONAGUA 2015.

Cuenca Río Pánuco

Subcuenca del río Amajac

Esta subcuenca comprende tres ríos: Metztlán, Amajac y Claro. El río Metztlán tiene su origen en la porción norte del estado de Puebla; posteriormente atraviesa el Valle de Tulancingo para tomar el nombre de río Grande de Tulancingo, encausándose en la barranca de Alcholoa, donde es llamado río Metztlán. Recibe aportaciones de varios ríos tributarios (entre los que destaca el río Metzquitlán), pasa por el distrito de riego de Metztlán y finalmente desemboca en la laguna que lleva el mismo nombre, la cual se canaliza hacia el río Amajac (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999, Suter 2004).

El río Amajac se origina en la sierra de Pachuca, con una dirección de cauce hacia el norte. En su parte inicial es nombrado río San Andrés, donde recibe diversos afluentes como el río Blanco, que da origen a las grutas de Tolantongo; después se integra al río Almolón y posteriormente desfoga en el río Moctezuma (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999).

Por su parte, el río Claro se genera en el sureste de Molango, inicia su recorrido con dirección norte de manera casi paralela al río Amajac, y finalmente ambos se unen antes de desembocar en el río Moctezuma (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999).

Cabe destacar que existen diversos manantiales termales dentro de esta cuenca, como los de Tolantongo, Santa María Amajac y Atotonilco el Grande (Camargo-Cruz *et al.* 2011, Gutiérrez *et al.* 1989).

Subcuenca del río Tula

La principal corriente en esta subcuenca es el río Tula, el cual se origina en el parteaguas ubicado entre las cuencas del Pánuco y el Lerma, en el Estado de México. Tiene un curso general hacia el norte, y en la entidad es controlado por la presa Taxhimay. En esta zona, lleva el nombre de río Tepeji y descarga en la presa Requena; continúa su transcurso tomando el nombre de río Tula, y recibe aguas del río El Salto. Éste último trae consigo excedentes (controlados por la presa Endhó) de la cuenca de México, y se encarga de alimentar todo el distrito de riego del Valle del Mezquital (Del Arenal 1985, Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999, Lesser-Carrillo *et al.* 2011).

En el municipio Actopan, al norte del río Tula, toma el nombre de dicho municipio, desembocando en el Valle de Ixmiquilpan, donde drena la parte oriental de la subcuenca. Dicha corriente se conoce como río Alfajayucan, que se une con el río San Juan, y juntos conforman el río Moctezuma (Del Arenal 1985, Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999). En toda la subcuenca del río Tula se localizan una serie de manantiales termales con uso recreativo, lo que genera importantes beneficios económicos para la población local; los principales balnearios se localizan en Ixmiquilpan, Ajacuba, Atotonilco de Tula y Tasquillo (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz *et al.* 2011).

Subcuenca del río San Juan

Se origina en el Estado de México y conforma la frontera de los estados de Querétaro e Hidalgo; posteriormente confluye con el río Tula originando el río Moctezuma, pero su principal afluente es el río Hondo, formado por los arroyos del cerro de La Virgen, llegando a la presa Madero (Del Arenal 1985, Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999, Lesser-Carrillo *et al.* 2011). En esta zona también existe una importante presencia de manifestaciones hidrotermales (Camargo-Cruz *et al.* 2011).

Subcuenca del río Tempoal

Esta subcuenca es uno de los afluentes más importantes dado su volumen de agua, ya que drena tanto la falda sureste de la smo como de la Cuenca Río Pánuco. Algunos de sus ríos tributarios se originan en Hidalgo y se caracterizan por su accidentada topografía (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999). El río Los Hules se origina cerca del municipio Zacualtípán y recibe en esa zona el nombre de río Melito; al continuar su curso en dirección este, se denomina río Chinameza y río Atlapexco. En su recorrido aguas abajo toma el nombre de río Los Hules, y al momento de coincidir con el río Calabozo forma el río Tempoal (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999).

Región hidrológica RH-27 Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautla)

En esta región hidrológica se conjuntan los afluentes de algunas de las más importantes formaciones

geológicas de México: la vertiente sureste de la SMO, la parte frontal de la Mesa Central y el extremo oriental del Eje Volcánico Transversal. Las principales precipitaciones se originan en las partes altas de las sierras de Hidalgo y Puebla (pertenecientes a la SMO), y debido a sus elevaciones se generan ríos de gran importancia que riegan la planicie costera del golfo de México (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999). Por otro lado, es importante mencionar que la topografía de esta región hidrológica presenta marcadas diferencias altitudinales, lo que provoca climas que van desde de frío hasta tropical húmedo.

En relación con los escurrimientos que se originan en esta región del estado, se destaca el arroyo Apaxtla, que nace cerca del límite oriental de la entidad y confluye con el río Necaxa, llegando juntos al río Tecolutla, y forman parte de la subcuenca del mismo nombre. Por su parte, el río Tuxpan se origina en el municipio Tenango de Doria, y se le conoce como río Pantepec; en su trayecto recibe agua de varios afluentes hasta llegar a la planicie costera, en donde recibe el nombre de río Tuxpan, al igual que su subcuenca. Finalmente, el río los Reyes está formado por corrientes provenientes de la sierra de Hidalgo; posteriormente, dichas corrientes son controladas por las presas Los Reyes y Tejocotal. En el límite de Hidalgo, este río confluye con el sistema de la presa Necaxa (perteneciente al estado de Puebla), y en el municipio Poza Rica (Veracruz) recibe el nombre de río Cazonas, dando nombre a la subcuenca como la subcuenca a la que pertenece (Córdoba-Méndez *et al.* 1992, Camargo-Cruz 1999).

Acuíferos

En México, 95% del agua dulce se encuentra en el subsuelo, y de ahí proviene 75% de la que se consume en las ciudades. Para poder aprovechar las aguas nacionales, los usuarios requieren de títulos de concesión o asignación que especifican el volumen de agua y el uso al que se destinará. Los dos principales usos por volumen son agrícola y abastecimiento público, sumando 90.9% del consumo total nacional (CONAGUA 2015). Para fines de la administración

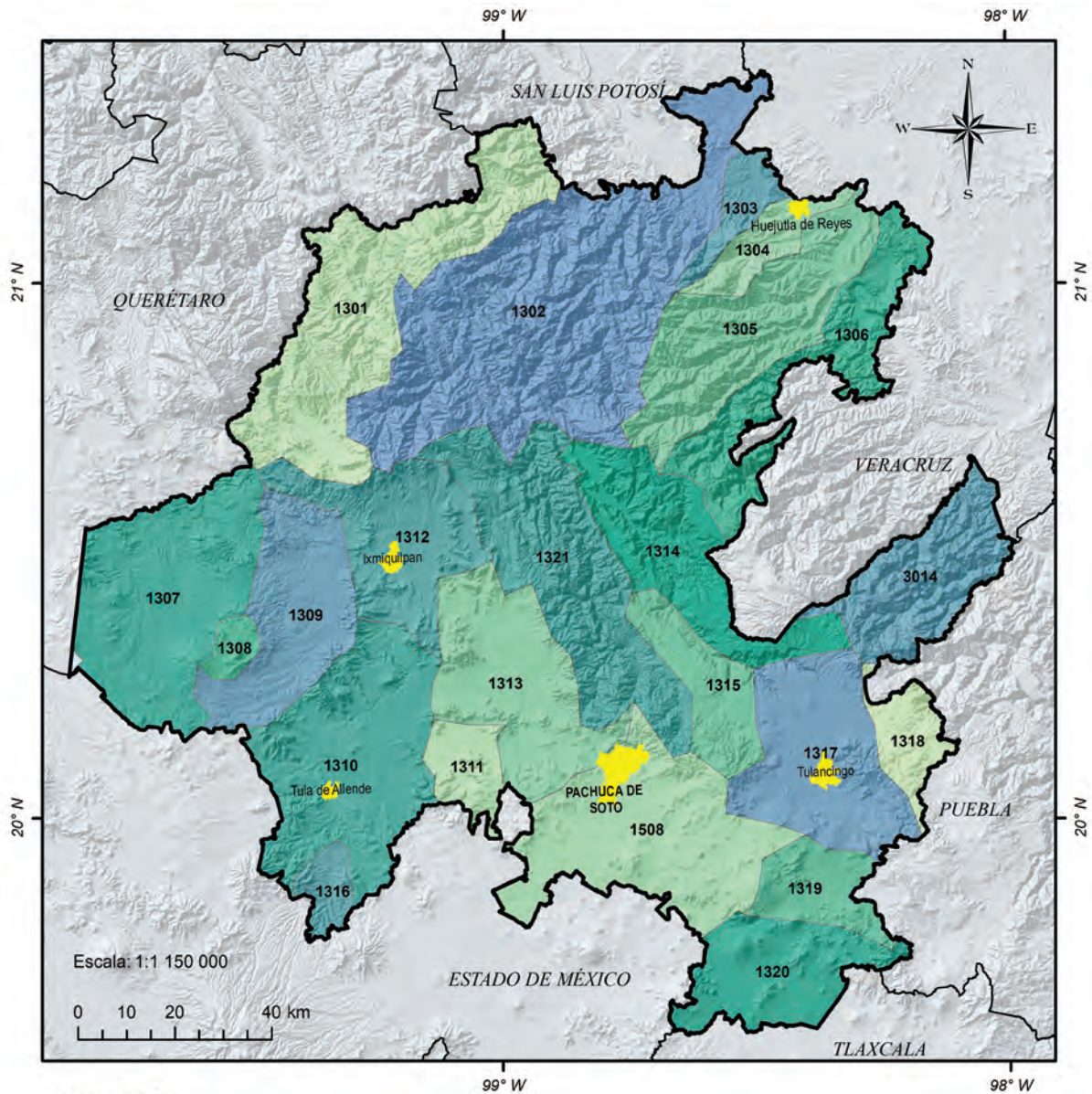
del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, 23 de los cuales se encuentran en territorio hidalguense (figura 2; SEMARNAT 2018). Con esta medida se favorece un proceso de delimitación, estudio y determinación de la disponibilidad media anual de los acuíferos.

Las zonas de veda se imponen en aquellos acuíferos donde no existe disponibilidad media anual de agua subterránea, por lo que no es posible autorizar concesiones o asignaciones de agua adicionales a las autorizadas legalmente; en diciembre de 2015 se tenían registradas 146 zonas de veda en el país (CONAGUA 2015). En el caso de Hidalgo, 20 municipios cuentan con zonas de veda total, 15 con zonas de veda parcial y 49 para la categoría de libre alumbramiento (extracción libre). Asimismo, se ha identificado que los acuíferos sobreexplotados en el estado son: 1) Huichapan-Tecoautla con un déficit de 12.85 hm³/año;² 2) Valle de Tulancingo con un déficit de 20.11 hm³/año; 3) Tepeji del Río con un déficit de 2.92 hm³/año; y 4) Cuautitlán-Pachuca con un déficit de 106.04 hm³/año (SEMARNAT 2018). De no haber un control del recurso, existen riesgos de abatimiento de los niveles, deterioro de la calidad del agua, incremento de costos de bombeo, e inutilización de pozos.

Conclusiones y recomendaciones

Hidalgo cuenta con gran variedad de zonas montañosas y valles, así como diferentes zonas climáticas, las cuales dan lugar a flora y fauna de gran diversidad. La riqueza biológica en la entidad está ligada con los recursos hídricos, que son de gran importancia ecológica, económica, social y cultural. El medio ambiente está sufriendo constantes cambios, y las alteraciones de corrientes fluviales, provocadas por acciones humanas y el cambio climático, amenazan la provisión de bienes ecológicos en el estado. Es necesario desarrollar herramientas científicas e ingenieriles dirigidas a la conservación y recuperación de las cuencas hidrográficas, para reducir el impacto antropogénico y así lograr la sustentabilidad tanto en los ecosistemas como en el aprovechamiento del agua superficial y subterránea en la entidad.

2 Un hectómetro cúbico (hm³) equivale a un millón de metros cúbicos.



SIMBOLOGÍA

- Hidalgo
- Límites estatales
- Localidades principales

Acuíferos

1318 Acaxochitlán	1306 Calabozo	1302 Orizatlán
1313 Actopan - Santiago de Anaya	1309 Chapantongo - Alfajayucan	1319 Tecocomulco
1311 Ajacuba	1508 Cuautitlán - Pachuca	1316 Tepeji del Río
3014 Álamo - Tuxpan	1308 El Astillero	1310 Valle del Mezquital
1321 Amajac	1315 Huasca - Zoquitlan	1317 Valle de Tulancingo
1320 Apan	1307 Huichapan - Tecozautla	1304 Xochitlán - Huejutla
1305 Atlapexco - Candelaria	1312 Ixmiquilpan	1301 Zimapán
1303 Atotonilco - Jaltocan	1314 Metztlitlán	

Figura 2. Acuíferos del estado. Fuente: CONAGUA 2015, INEGI 2010.

Referencias

- Breña, A.F. y M.A. Jacobo. 2006. *Principios y fundamentos de la hidrología superficial*. UAM, México.
- Camargo-Cruz, T. 1999. *Inventario de aguas superficiales del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Camargo-Cruz, T., J. Núñez-Benítez y J.G. Ángeles-Hernández. 2011. *Estudio de aguas termales del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH, Hidalgo.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2015. *Atlas del Agua en México 2015*. SEMARNAT, México.
- Córdoba-Méndez, D.A., C. Pedrazzini, A.J. López et al. 1992. *Carta geológica del estado de Hidalgo. Escala 1:250 000*. UNAM/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UMSNH, México.
- Del Arenal, R. 1985. Estudio hidrogeoquímico de la porción centro-oriental del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 6(1):86-97.
- Enríquez, A.C., F.J. Sánchez, R.H. Álvarez et al. 2001. Evaluación hidrogeológica de la subcuenca de Tecocomulco, Estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 18(1):55-73.
- Gutiérrez, L., A. López y J.L. Quijano. 1989. Zonas geotérmicas de interés en México. *Geotermia* 5(3):283-346.
- Huizar-Álvarez, R., O. Campos-Enríquez, J. Lermo-Samaniego et al. 1997. Geophysical and hydrogeological characterization of the sub-basins of Apan and Tochac (Mexico Basin). *Geofísica Internacional* 36:217-233.
- Huizar-Álvarez, R., L.M. Mitre-Salazar, O. Campos-Enríquez et al. 2001. Evaluación hidrogeológica de la subcuenca de Tecocomulco, Estado de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 18(1):55-73.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Red hidrográfica. Escala 1:50 000*. INEGI, Aguascalientes.
- Lesser-Carrillo, L.E., J.M. Lesser-Illades, S. Arellano-Islas y D. González-Posadas. 2011. Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México Central. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(3):323-336.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. *Acuerdo por el que actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican*. Publicado el 4 de enero de 2018 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Suter, M. 2004. A neotectonic-geomorphologic investigation of the prehistoric rock avalanche damming Laguna de Metztitlán (Hidalgo State, east-central Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21(3):397-411.



Provincias biogeográficas

Gustavo Montiel Canales e Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

Introducción

La biodiversidad de Hidalgo es consecuencia de la amplia historia geológica y biogeográfica del país (Morrone 2005). La regionalización biogeográfica es un sistema jerárquico, en el que se categorizan áreas naturales de acuerdo con la biota endémica de una región (Escalante 2009). A partir de la co-ocurrencia en la distribución geográfica de diferentes grupos (taxones) de animales, plantas y comunidades del país, se identifican patrones biogeográficos que ayudan a definir las provincias biogeográficas mexicanas. Éstas se representan gráficamente como un mapa de áreas naturales, las cuales suelen ser reconocidas como áreas de endemismo (Szumik y Goloboff 2004). Para México se han reconocido dos regiones biogeográficas, una zona de transición y 14 provincias (figura 1; Morrone *et al.* 2017).

Dentro de los límites geopolíticos de Hidalgo se ubican las provincias biogeográficas Desierto Chihuahuense (que pertenece a la región Neártica) y Veracruzana (de la región Neotropical), así como Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana (Zona de Transición Mexicana, correspondiente a los límites entre las regiones Neártica y Neotropical). Los límites para las provincias biogeográficas pueden ser debatidos, ya que diferentes grupos biológicos presentan diferentes límites en su distribución. Por lo tanto, no se puede trazar una línea única; sin embargo, sí se representa una zona de transición entre provincias. Para establecerlas se

consideran los límites de las ecorregiones reconocidas para el país, ya que combinan criterios climáticos geológicos y bióticos.

Las provincias biogeográficas que integran a Hidalgo representan unidades biogeográficas naturales, que son esenciales para llevar a cabo diferentes tipos de análisis como biológico evolutivos, sistemáticos, macroecológicos y conservacionistas (Morrone 2018). Los nombres de las provincias biogeográficas que se utilizan en esta obra son los establecidos por Morrone (2014) y Morrone y colaboradores (2017); éstos siguen los convenios de nomenclatura establecidos en el Código Internacional de Nomenclatura de Área (ICAN, por sus siglas en inglés; Ebach *et al.* 2008).

Región Neártica

Desierto Chihuahuense

Esta provincia biogeográfica es la única parte de la región Neártica que está representada en Hidalgo. Se ubica entre dos provincias de la Zona de Transición Mexicana: la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. El Desierto Chihuahuense es una provincia de gran extensión: abarca desde el sur de Texas y Nuevo México (Estados Unidos) hasta Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Tlaxcala, Puebla, Coahuila, Durango, Nuevo León y Sonora (Espinosa-Organista *et al.* 2008). En Hidalgo, esta provincia se ubica al centro-oeste de la entidad (figura 2) y comprende aproximadamente 27% de la superficie estatal. Se encuentra presente en 32 municipios (cuadro 1), en

Montiel-Canales, G. e I. Goyenechea. 2021. Provincias biogeográficas. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 67-74.



Figura 1. Provincias biogeográficas de México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI et al. 2008, Morrone et al. 2017.

las zonas áridas de la región geocultural conocida como Valle del Mezquital, a una altitud entre 1 000 y 2 400 msnm.

La vegetación de esta provincia se conforma por matorral xerófilo, matorral submontano, pastizales y, en menor proporción, bosques en llanos y valles intermedios de táscate y pino-encino (INEGI 2013). El Desierto Chihuahuense se caracteriza por una gran cantidad de especies de ambientes áridos. A continuación, se indican algunos ejemplos de plantas y animales con distribución al interior del estado.

- Flora. Asparagaceae: izote estoquillo (*Yucca queretaroensis*), palma (*Y. potosina*). Burseraceae: cuajote hidalguense (*Bursera medranoana*). Cactaceae: gran cantidad de especies de los géneros *Coryphantha*, *Echinocactus* y *Mammillaria*, además de peyote de Querétaro (*Lophophora diffusa*). Lentibulariaceae: pingüicula (*Pinguicula agnata*). Pinaceae: piñonero llorón (*Pinus pinceana*). Ephedraceae: canutillo (*Ephedra aspera*).
- Fauna. Ranidae: rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*). Phrynosomatidae: camaleón cornudo (*Phrynosoma orbiculare*), lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*). Viperidae: cascabel de cola negra (*Crotalus molossus*) y cascabel llanera (*C. scutulatus*; Morrone 2005, Espinosa-Organista et al. 2008).

Región Neotropical

Veracruzana

La región Neotropical está representada en la entidad sólo por la provincia biogeográfica Veracruzana, la cual se ubica en México, Belice y norte de Guatemala, que abarca desde la cuenca del río San Fernando (Tamaulipas) hasta el sur del río Candelaria en Centroamérica. En México se localiza en los estados de Veracruz, Hidalgo, Tabasco, Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Campeche (Espinosa-Organista et al. 2008, Morrone 2014).

Dentro de Hidalgo, esta provincia se ubica al noreste (figura 2), con una extensión de aproximadamente 14% de la superficie estatal. Se encuentra presente en 18 municipios de la entidad (cuadro 1), en zonas tropicales y húmedas colindantes al estado de Veracruz, en la región geocultural conocida como Huasteca Hidalguense, y un pequeño fragmento de la sierra Otomí-Tepehua con una altitud no mayor a 500 msnm.

La vegetación en esta provincia se conforma principalmente por selva tropical perennifolia, pastizales y en menor proporción selva tropical caducifolia (INEGI 2013). Se caracteriza por una gran cantidad de especies de ambientes húmedos y tropicales, ampliamente distribuidas a través del golfo de México y el Caribe. A continuación, se muestran algunos ejemplos de plantas y animales con distribución al interior de la entidad.

- Flora. Burseraceae: palo mulato (*B. simaruba*).
- Fauna. Papilionidae: mariposa (*Troilides tolus*). Phrynosomatidae: lagartija espinosa azul (*S. serrifer*), lagartija espinosa vientre rosado (*S. variabilis*). Morrone 2005, 2014, Espinosa-Organista et al. 2008).

Zona de Transición Mexicana

Representa un área compleja en donde se sobrepone especies neárticas y neotropicales. Corresponde a las montañas del centro y sur de México, así como del norte de América Central (Halffter y Morrone 2017). En Hidalgo, se encuentran dos provincias biogeográficas en esta zona de transición: la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana, que pertenecen simultáneamente a las regiones Neártica y Neotropical.

Sierra Madre Oriental

Se ubica de forma discontinua al este de México; gran parte de las montañas que la componen se formaron por plegamiento. Se localiza en los estados de Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz (Espinosa-Organista et al. 2008, Morrone 2017). Es una región montañosa que atraviesa el estado de Hidalgo de noroeste a sureste (figura 2), y representa la región biogeográfica de mayor extensión territorial, con aproximadamente 39% de la superficie estatal. Se encuentra presente en 46 municipios de la entidad (cuadro 1), en regiones templadas y montañosas de las zonas geoculturales conocidas como Sierra Gorda, Sierra Alta, Sierra Otomí-Tepehua y algunas regiones de la Comarca Minera y Valle de Tulancingo, a una altitud mayor a 1 000 msnm.

La vegetación en esta provincia se conforma por bosques de pino-encino, pino, mesófilo de montaña, encino, táscate, y en menor proporción matorrales de

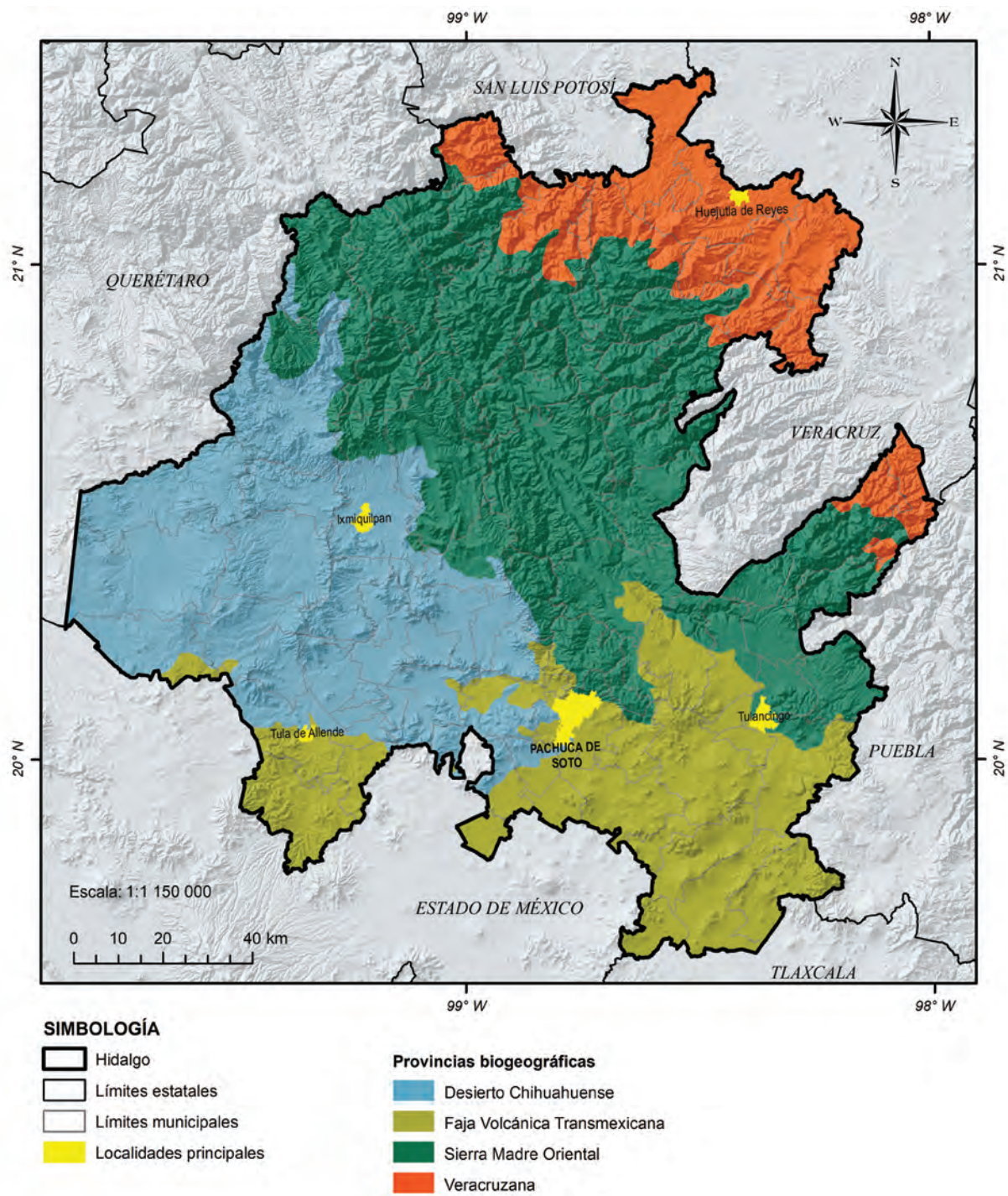


Figura 2. Provincias biogeográficas de Hidalgo. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI *et al.* 2008, Morrone *et al.* 2017.

Cuadro 1. Provincias biogeográficas de Hidalgo y los municipios donde se encuentran.

Municipio	DC	V	SMO	FVT	Municipio	DC	V	SMO	FVT
Acatlán			•	•	San Agustín Metzquitlán			•	
Acaxochitlán			•	•	Metztitlán			•	
Actopan	•		•	•	Mineral del Chico			•	•
Agua Blanca de Iturbide			•		Mineral del Monte			•	
Ajacuba	•			•	La Misión			•	
Alfajayucan	•				Mixquiahuala de Juárez	•			
Almoloya				•	Molango de Escamilla		•	•	
Apan				•	Nicolás Flores			•	
El Arenal	•		•	•	Nopala de Villagrán	•			•
Atitalaquia	•			•	Omitlán de Juárez			•	•
Atlapaco		•			San Felipe Orizatlán		•		
Atotonilco el Grande			•	•	Pacula	•		•	
Atotonilco de Tula	•			•	Pachuca de Soto	•		•	•
Calnali		•	•		Pisaflores		•	•	
Cardonal	•		•		Progreso de Obregón	•			
Cuautepec de Hinojosa			•	•	Mineral de la Reforma			•	•
Chapantongo	•			•	San Agustín Tlaxiaca	•			•
Chapulhuacán		•	•		San Bartolo Tutotepec		•	•	
Chilcuautla	•				San Salvador	•			
Eloxochitlán			•		Santiago de Anaya	•		•	
Emiliano Zapata				•	Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero			•	•
Epazoyucan			•	•	Singuilucan			•	•
Francisco I. Madero	•				Tasquillo	•			
Huasca de Ocampo			•	•	Tecoautla	•			
Huautla		•			Tenango de Doria		•	•	
Huazalingo		•	•		Tepeapulco				•
Huehuetla			•		Tepehuacán de Guerrero		•	•	
Huejutla de Reyes		•			Tepeji del Río de Ocampo				•
Huichapan	•				Tepetitlán	•			
Ixmiquilpan	•		•		Tetepango	•			
Jacala de Ledezma			•		Villa de Tezontepec				•
Jaltocán		•			Tezontepec de Aldama	•			
Juárez Hidalgo			•		Tianguistengo		•	•	
Lolotla		•	•		Tizayuca				•
Metepec			•						

Cuadro 1. Continuación.

Municipio	DC	V	SMO	FVT
Metepec			•	
Tlahuelilpan	•			
Tlahuiltepa			•	
Tlanalapa				•
Tlanchinol		•	•	
Tlaxcoapan	•			
Tolcayuca	•			•
Tula de Allende	•			•
Tulancingo de Bravo			•	•
Xochiatipan		•		
Xochicoatlán			•	
Yahualica		•	•	
Zacualtipán de Ángeles			•	
Zapotlán de Juárez	•			•
Zempoala	•			•
Zimapán	•		•	

DC: Desierto Chihuahuense; V: Veracruzana; SMO: Sierra Madre Oriental; FVT: Faja Volcánica Transmexicana.

Algunos municipios pueden llegar a tener más de una provincia, ya que se ubican geográficamente en una zona de transición entre provincias. Fuente: elaboración propia con datos de Morrone *et al.* 2017.

tipo xerófilo, submontano y crasicaule (INEGI 2013). La Sierra Madre Oriental se caracteriza por una gran cantidad de especies con distribución restringida, debido a que en ella existe una gran diferenciación climática. Algunos ejemplos de plantas y animales con distribución dentro de esta provincia en el estado son:

- Flora. Pinaceae: pino lacio (*P. pseudostrobus*). Asparagaceae: maguey de la Sierra Madre Oriental (*Agave tenuifolia*). Fagaceae: encinos (*Quercus acutifolia*, *Q. xalapensis*). Juglandaceae: nogal encarcelado (*Juglans mollis*).
- Fauna. Papilionidae: mariposa cometa (*Pterourus palamedes* subsp. *leontis*). Passalidae: escarabajos pasálidos (*Odontotaenius zodiacus*, *Petrejoides nebulosus*, *P. orizabae*). Scarabaeidae: cotinis (*Cotinis orientalis*). Staphylinidae: escarabajo (*Styngetus deyrollei*). Eleutherodactylidae: ranita chirriadora de

la Huasteca (*Eleutherodactylus longipes*). Craugastoridae: rana de arroyo (*Craugastor berkenbuschii*). Dipsadidae: culebra hojarasquera (*Rhadinea gaigae*), culebra café (*R. marcellae*), culebra café poblana (*R. quinquelineata*), culebra minera de tierras altas (*Geophis mutitorques*), culebra de tierra (*G. turbidus*), culebra corredora vientre rojo (*Chersodromus rubriventris*). Natricinae: culebra de agua nómada (*Thamnophis sumichrasti*). Phrynosomatidae: lagartija espinosa de panza azul (*S. parvus*). Xenosauridae: camaleón o escorpión (*Xenosaurus newmanorum*). Odontophoridae: codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*). Strigidae: tecolote tamaulipeco (*Glaucidium sanchezi*). Cricetidae: ratón azteca (*Peromyscus aztecus*), ratón negruzco (*P. furvus*). Geomyidae: tuza de Querétaro (*Cratogeomys neglectus*). Soricidae: musaraña de la Sierra Madre Oriental (*Cryptotis obscura*; Morrone 2005, 2014, 2017, Espinosa-Organista *et al.* 2008, Montiel-Canales *et al.* 2016).

Faja Volcánica Transmexicana

Se ubica en el centro de México, formada por conjuntos de volcanes de diferentes edades que cruzan el país de occidente a oriente. Se localiza en los estados de Aguascalientes, Ciudad de México, Guanajuato, Jalisco, Hidalgo, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Morrone 2006, 2017, Espinosa-Organista *et al.* 2008). Dentro del territorio hidalguense, la provincia se presenta al sur-sureste del estado (figura 2), y abarca aproximadamente 20% de la superficie estatal. Se encuentra presente en 33 municipios de la entidad (cuadro 1), en la zona geocultural de la Cuenca de México, y en menor proporción en algunos municipios del Valle de Tulancingo, la Altiplanicie Pulquera, el Valle del Mezquital y la Comarca Minera, en altitudes de entre 1 000 y 2 500 msnm.

La vegetación en esta provincia en Hidalgo se conforma por bosques de pino, pino-encino, táscate y oyamel. En algunas áreas se puede encontrar matorral crasicaule y matorral xerófilo (INEGI 2013). Se caracteriza por una gran cantidad de especies típicamente neovolcánicas, entre ellas:

- Flora. Asteraceae: tronadora (*Montanoa frutescens*). Pinaceae: pino (*P. ayacahuite* var. *veitchii*).
- Fauna. Buprestidae: coleóptero (*Acmaeodera cuprina*). Phrynosomatidae: lagartija espinosa de

pastizal (*S. scalaris*). Viperidae: cascabel ocelada (*C. polystictus*), cascabel transvolcánica (*C. triseriatus*). Trochilidae: colibrí garganta amatista (*Lampornis amethystinus*). Cricetidae: ratón transvolcánico (*P. hylocetes*). Leporidae: conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*; Morrone 2005, 2014, 2017, Espinosa-Organista *et al.* 2008).

Relaciones entre las provincias biogeográficas del estado

La biodiversidad del estado forma parte de un conjunto de cenocrones (grupos biológicos con edad y orígenes similares), los cuales se ensamblaron en las cuatro provincias biogeográficas que componen los límites de Hidalgo a través de múltiples eventos de hibridación (mezcla) biótica en acontecimientos históricos y ecológicos. Sin embargo, esta biodiversidad hidalguense también puede reconocerse en forma de subconjuntos anidados (unos dentro de otros), ya que comparten una misma historia biogeográfica a través de las diferentes provincias.

De acuerdo con un análisis de parsimonia de endemismos llevado a cabo con especies de anfibios y

reptiles de Hidalgo (Hernández-Salinas 2009, Montiel-Canales *et al.* 2016), fue posible identificar que la provincia de la Sierra Madre Oriental se relaciona estrechamente con la provincia Veracruzana (figura 3). Éstas a su vez forman un grupo hermano junto con la Faja Volcánica Transmexicana, grupo que se vincula en un último nivel con el Desierto Chihuahuense (Montiel-Canales *et al.* 2016). Es decir, la herpetofauna indica que la Sierra Madre Oriental y la provincia Veracruzana son más cercanas en términos geográficos, pero también en lo que respecta a eventos geológicos y evolutivos.

Sin embargo, es necesario incorporar a los análisis de biogeografía evolutiva un mayor número de especies y de diferentes grupos taxonómicos para dilucidar las relaciones de las provincias biogeográficas al interior de la entidad, y con ello aportar a un mejor entendimiento de la riqueza biológica hidalguense. En términos de conservación, considerar las relaciones que guardan entre sí las biotas de las distintas provincias, puede servir como guía para proponer áreas a resguardar, no solo a escala local, sino regional (p.e. un corredor biológico en la Huasteca).

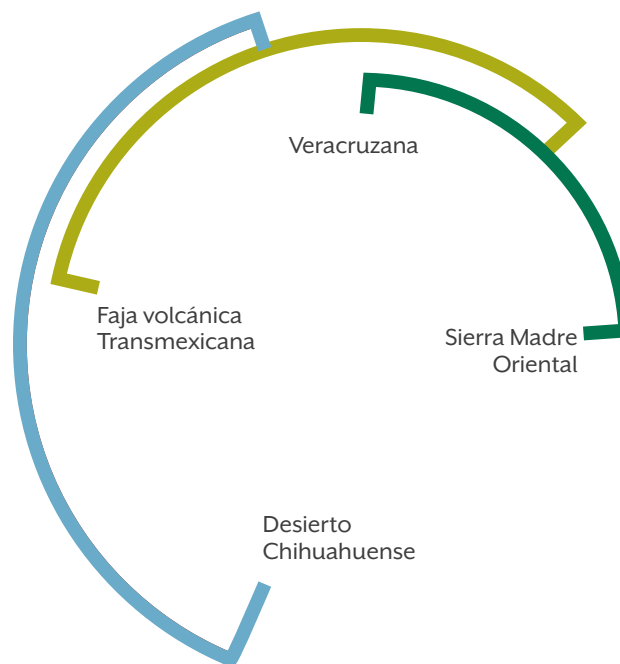


Figura 3. Relaciones biogeográficas entre las provincias de Hidalgo. La proximidad de grupos indica una mayor relación entre provincias. Fuente: elaboración propia con datos de Montiel-Canales *et al.* 2016.

Referencias

- Ebach, M.C., J.J. Morrone, L.R. Parenti y A.L. Vilorio. 2008. International code of area nomenclature. *Journal of Biogeography* 35:1153-1157.
- Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(2):551-560.
- Espinosa-Organista, D., S. Ocegueda-Cruz, C. Aguilar-Zuñiga et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 33-65.
- Halffter, G. y J.J. Morrone. 2017. An analytical review of Halffter's Mexican transition zone, and its relevance for evolutionary biogeography, ecology and biogeographical regionalization. *Zootaxa* 4226:1-46.
- Hernández-Salinas, U. 2009. *Estudio herpetofaunístico del estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. *Conjunto de datos geográficos de la carta de uso de suelo y vegetación, serie v, escala 1:250 000* INEGI, México.
- INEGI, CONABIO e INE. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Nacional de Ecología. 2008. *Ecorregiones Terrestres de México. Escala 1:1 000 000*. INEGI/CONABIO/INE, México.
- Montiel-Canales, G., I. Goyenechea, F. Fernández-Badillo y J.M. Castillo-Cerón. 2016. Evaluación de AE y PAE para identificar trazos generalizados, a partir de las serpientes del estado de Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical* 64:1-14.
- Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76(2):207-252.
- _____. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean Islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna. *Annual Review of Entomology* 51:467-494.
- _____. 2014. Biogeographical regionalization of the Neotropical region. *Zootaxa* 3782(1):1-110.
- _____. 2017. *Neotropical biogeography: Regionalization and evolution*. CRC Press, Boca Raton.
- _____. 2018. The specter of biogeographical regionalization. *Journal of Biogeography* 45:282-288.
- Morrone, J.J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Mexican biogeographic provinces: map and shapefiles. *Zootaxa* 4277(2):277-279.
- Szumik, C.A. y P.A. Goloboff. 2004. Areas of endemism: an improved optimality criterion. *Systematic Biology* 53(6):968-977.



Índices de amplitud ambiental

Ricardo León Rico, Antonio Enrique Quintero Romero, Giuseppe Pasquetti Hernández y Allison Esmeralda Hernández Barrera

Introducción

La fisonomía de una comunidad ecológica y la dinámica de un ecosistema, o unidad geográfica determinada, se puede caracterizar a partir de su estructura, analizada en términos de la riqueza y los valores de importancia de cada una de las especies que la constituyen (Begon *et al.* 1996, Krebs 1999). Moreno (2000, 2001) señala que la obtención de la diversidad biológica es un indicador que proporciona la suficiente información para percibir la dinámica ecológica de una unidad geográfica; de hecho, la riqueza por sí sola (la simple mención del número de especies que hay en un sitio) es un indicador teóricamente sólido. Sin embargo, el conocimiento para describir un simple listado de especies es algo con lo que no se cuenta en todos los rincones del país. En Hidalgo, no se poseen datos fehacientes a nivel regional (Moreno *et al.* 2017), fuera de algunos listados de especies cuyas diferencias dependen más de la intensidad de la exploración que de la magnitud real de la riqueza en los diferentes lugares.

Con base en lo anterior, es importante encontrar indicadores sólidos, que sirvan para la toma de decisiones que identifiquen las alternativas geográficas más convenientes para apoyar la conservación, permitir los cambios de uso del suelo, y elegir entre las distintas alternativas de manejo ambiental. Resulta interesante utilizar un indicador que permita

conocer la amplitud de los tipos de hábitats que pudieran existir en una determinada área, que dicho indicador pueda generarse en relación con la abundante, poca o nula información de la que se dispone.

Para generar este indicador, en este trabajo se consideró la utilización que Colwell y Futuyama (1971) hacen del índice de diversidad de Shannon-Wiener para medir la amplitud del nicho de un organismo, en función del número de ambientes utilizados (similar a lo que se conoce como “riqueza ambiental”) y la frecuencia y temporalidad de su uso (entendido como “valor de importancia”; Krebs 1999). Colwell y Futuyama (1971) plantean la medición –desde el punto de vista de una especie– de la amplitud (diversidad) de los recursos y hábitats que utiliza un organismo. Esta perspectiva permite establecer, en términos comparativos, si una especie es más especialista o generalista¹ que otra, en relación con sus nichos ecológicos, usando un indicador como el de Shannon-Wiener.

El objeto del presente trabajo es realizar dicha medición a partir de los hábitats que ofrece una determinada área geográfica. Diferentes tipos de suelo, la vegetación y el clima son factores que generan combinaciones ambientales y definen entornos en los que evolucionan los organismos, reconociendo como sustancial la influencia de los elementos geográficos en la distribución y abundancia de las

¹ Una especie especialista es aquella que requiere de condiciones ambientales particulares para desarrollarse, mientras que una generalista es capaz de tolerar y existir en muchos entornos diferentes.

León-Rico, R., A.E. Quintero Romero, G. Pasquetti Hernández y A.E. Hernández Barrera. 2021. Índices de amplitud ambiental. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 75-85.

especies (Magurran 2004). Esta reflexión permite plantear que, a partir de la variación existente con respecto a uno o varios factores, una determinada unidad geográfica proporciona una amplitud (diversidad) de ambientes que se puede medir, aplicando la ecuación del índice de Shannon-Weiner para una magnitud de territorio conocido. Lo que varía en este caso en relación con la ponencia de Colwell y Futuyma (1971) es que, en vez de la perspectiva de los nichos que una especie utiliza, aquí se plantea identificar los macrohábitats que un sitio con una superficie conocida (área geográfica) puede ofrecer.

Es decir, mediante dicho índice, denominado índice de amplitud ambiental (IAA), sería posible medir la disponibilidad de hábitats de un área geográfica en función del número de elementos ambientales únicos, generados por la combinación de un conjunto de atributos de los que se tienen registros cartográficos (vegetación y uso del suelo, clima y edafología). Así, a partir de la medición del valor de cobertura (superficie) relativa que ocupa cada elemento dentro de la unidad ambiental, se identifica una diversidad de ambientes (ver apartado Método).

Las posibles restricciones de las escalas a las cuales se puede aplicar la presente propuesta están más relacionadas con los documentos y registros disponibles para la extracción de datos, que con aspectos teóricos y prácticos. Ejemplo de ello es la teoría de Biogeografía de Islas, propuesta por Robert H. MacArthur y Edward O. Wilson (1967) para explicar cómo la distancia, y sobre todo el área, se combinan para regular el equilibrio entre la inmigración y la extinción de las poblaciones en una isla; todo ello bajo la suposición de que la disponibilidad ambiental (y la riqueza de especies) se incrementa con el aumento de área disponible. Finalmente, los datos de situaciones reales han respaldado la teoría, en función de la relación directamente proporcional entre riqueza específica y área (puesto que un área mayor puede representar una mayor riqueza de hábitats, y puede también representar la existencia de más nichos).

La medición que aquí se propone se basa en la premisa de que un lugar con una variabilidad ambiental más elevada que otro ofrece: 1) más alternativas ecosistémicas; 2) poblaciones con una variabilidad genética más elevada (con producto de la adaptación a mayor variabilidad de hábitats); y 3) mayor cantidad de especies.

Lo anterior, permitiría generar medidas precisas, numéricas y comparativas para fundamentar decisiones de manejo y conservación, sobre todo en sitios que carecieran de estudios biológicos previos suficientes para contrastar, siempre y cuando también se tomen en cuenta criterios biológicos, geográficos y sociales.

Método

La sobreposición de distintas capas de información (a manera de traslape de mapas) se ha utilizado en otros trabajos, en particular el de Fragoso-Servón *et al.* (2014), que hace referencia al término geodiversidad, y la evalúa con base en la riqueza de elementos geográficos de un área. En este trabajo se utilizaron los mismos criterios, evaluando la riqueza de hábitats cartográfica, derivada de la sobreposición de las cartas disponibles para el estado. Para ello, se utilizó el sistema de información geográfica (SIG), con el cual se caracterizaron unidades ambientales a través de parámetros obtenidos de García (1998) e INEGI (2014, 2016, 2018). Asimismo, se dividió a Hidalgo en 84 unidades ambientales, que representan cada uno de los municipios existentes en el estado. Cada unidad (municipio) estuvo compuesta por un número n de elementos a reconocer, cuyos valores se representaron por la suma del área de todos los polígonos que compartían exactamente las mismas características respecto a los tres parámetros contemplados para su caracterización: 1) uso del suelo y vegetación, 2) tipo de suelo, y 3) clima. De tal manera que, si dos elementos compartían el mismo clima y la misma vegetación, pero tenían distinto tipo de suelo, entonces se juzgaban como elementos distintos, y así sucesivamente. Con estos valores se evaluó el IAA, mismo que se midió como:

Donde:

$$IAA = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

p_i = cobertura relativa del elemento i dentro de la unidad ambiental.

n = número de elementos distintos presentes en la unidad ambiental (caracterizado cada uno por la combinación única de atributos cartografables).

Se realizaron los cálculos de IAA para cada una de las unidades ambientales; las áreas urbanas se unificaron como antrópico, independientemente de su tipo de suelo y clima. Para un análisis más exhaustivo se cuadrículó la región de interés en áreas equivalentes y se hizo una evaluación comparando áreas de igual magnitud. Se dividió el estado en 22 494 cuadros (unidades ambientales) de 1 km² (incluyendo los cuadros incompletos de los bordes) y se procedió a realizar exactamente el mismo análisis comparativo, ahora para cada kilómetro cuadrado del estado.

Análisis de cuadrantes

Se identificaron 27 tipos de clima, 17 clases de suelo principales y 45 diferentes categorías para uso del suelo y vegetación. Los elementos distintos encontrados por la combinación de estos tres parámetros en todo el estado sumaron 1 192 (potencialmente serían 27 x 17 x 45 = 20 655).

Amplitud ambiental municipal

El resultado de estos análisis permitió caracterizar la entidad de acuerdo con su IAA a nivel municipal (figura 1, cuadro 1). El valor de cada municipio se clasificó conforme a cinco magnitudes de amplitud ambiental: máxima, alta, media, baja y mínima. En la categoría máxima se encontraron ocho municipios (10% de los municipios de Hidalgo): Tlahuiltepa, Pacula, Zimapán, Metztitlán, Jacala de Ledezma, Eloxochitlán, Zacualtipán de Ángeles y Xochicoatlán; 24 (29%) en la categoría alta; 21 (25%) media; 18 (21%) baja; y 13 (15%) mínima.

Amplitud ambiental en cuadros de 1 km²

Al igual que el análisis anterior, se consideraron cinco categorías de amplitud ambiental para clasificar cada uno de los 22 494 cuadros de 1 km², donde 53 (0.23%) se encontraron en la categoría máxima, 909 (4.04%) alta, 4 071 (18.1%) media, 7 729 (34.36%) baja y 9 732 (43.26%) mínima. Asimismo, se organizó la información a nivel municipal (figura 2, cuadro 2), en este caso, los cuadros con IAA máxima se localizaron solamente en 37 de los 84 municipios (44%); con IAA alta en 78 municipios (93%), y media en 82 (98%). Finalmente, en 100% de los municipios hay IAA baja y mínima.

Las áreas con mayor amplitud (diversidad) ambiental son las más irregulares topográficamente (cañadas y barrancas). En sí, los resultados son los esperados en términos de la presencia de ecosistemas tan diversos como las zonas de transición más accidentadas de la Sierra Madre Oriental, donde es posible encontrar desde bosque templado, mixto y mesófilo, hasta selvas tropicales.

Comparación a nivel municipal

Con fronteras arbitrarias, los municipios presentan una variación climática, edáfica y de uso del suelo, pero resultan aún más sus diferencias en relación con su superficie. En este sentido, en un principio se podría esperar que la magnitud de la superficie de los municipios determinara su IAA. Sin embargo, el municipio más extenso (Zimapán), que cuenta con 87 224 ha, se posicionó en el tercer lugar en dicho valor.

Por su parte, Tlahuiltepa ocupa el quinto lugar en la lista de extensión territorial con 53 160 ha; sin embargo, se clasificó como el municipio con mayor IAA. El patrón se diluye por completo al observar que el municipio Xochicoatlán, con la octava IAA más alta, es el quincuagésimo más grande de la entidad, con solo 18 707 ha. El municipio con menor IAA fue Tizayuca (7 670 ha), que en superficie se ubica en el lugar 77, no precisamente el más pequeño, pero sí el más urbanizado. La comparación de superficie contra IAA da una correlación muy pobre considerando la superficie de todos los municipios (figura 3).

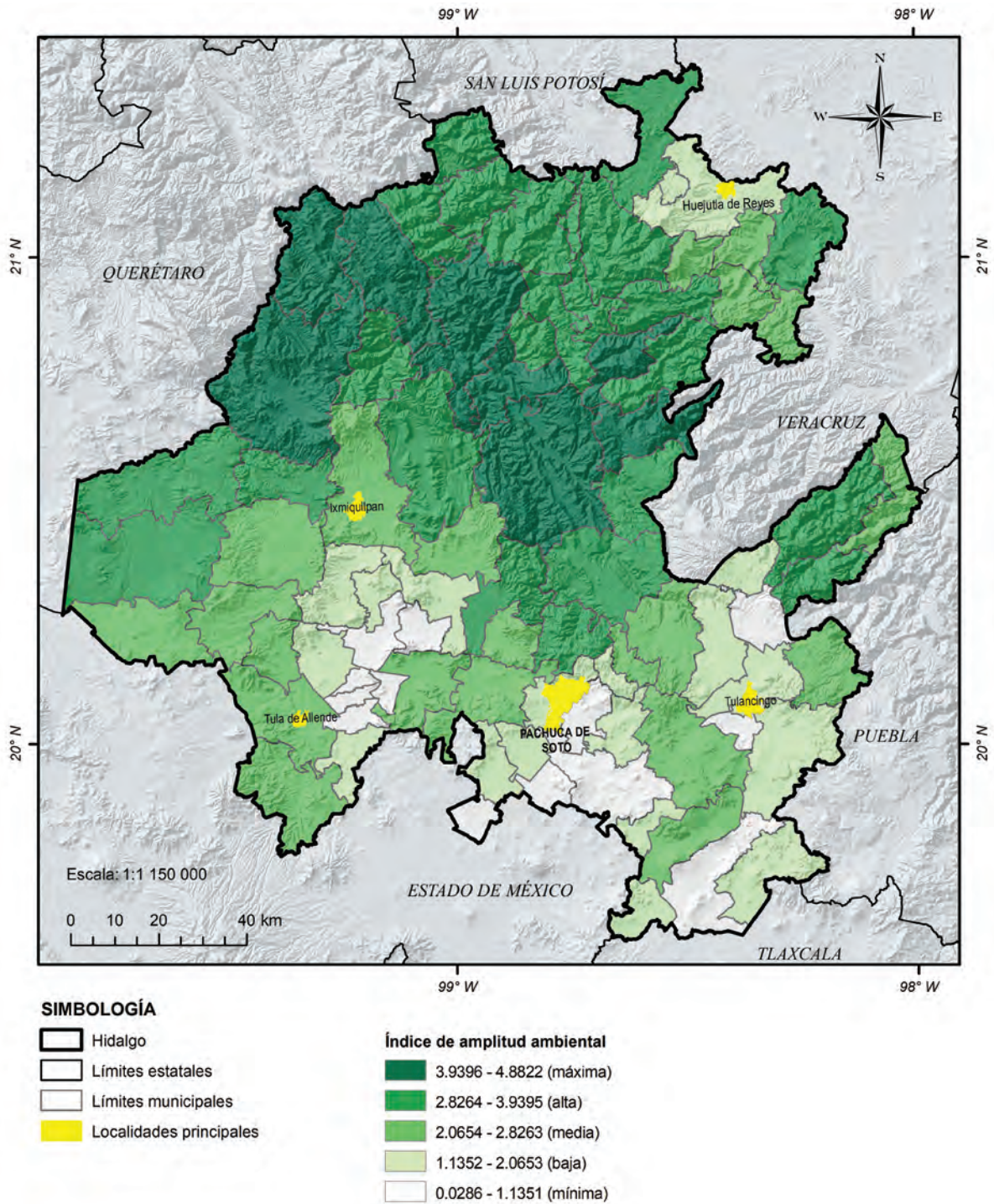


Figura 1. Índice de amplitud ambiental (IAA) para cada uno de los municipios. Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

Cuadro 1. Valores del índice de amplitud ambiental (IAA) para cada uno de los municipios.

Municipio			IAA	Magnitud	Municipio			IAA	Magnitud
1	Tlahuiltepa		4.88	Máxima	43	Tepetitlán		2.56	Media
2	Pacula		4.85		44	Ajacuba		2.55	
3	Zimapán		4.84		45	Ixmiquilpan		2.50	
4	Metztlán		4.61		46	Huazalingo		2.45	
5	Jacala de Ledezma		4.53		47	Omitlán de Juárez		2.44	
6	Eloxochitlán		4.17		48	Xochiatipan		2.31	
7	Zacualtipán de Ángeles		4.13		49	Tepeapulco		2.24	
8	Xochicoatlán		4.11		50	Tula de Allende		2.23	
9	Tianguistengo		3.94		51	El Arenal		2.22	
10	Tepehuacán de Guerrero		3.94	52	Acaxochitlán		2.17		
11	Tecoautla		3.88	53	Nopala de Villagrán		2.14		
12	Molango de Escamilla		3.84	54	Chilcuautla		2.07		
13	Juárez Hidalgo		3.82	55	Huejutla de Reyes		2.00		
14	Nicolás Flores		3.81	56	Progreso de Obregón		1.98		
15	San Agustín Metzquititlán		3.80	57	Epazoyucan		1.92		
16	Cardonal		3.79	58	Emiliano Zapata		1.84		
17	Lolotla		3.75	59	Cuautepec de Hinojosa		1.81		
18	Calnali		3.73	60	Tolcayuca		1.78		
19	Atotonilco el Grande		3.68	61	Jaltocán		1.76		
20	La Misión		3.66	62	Atotonilco de Tula		1.76		
21	San Bartolo Tutotepec		3.48	63	San Salvador		1.71		
22	Tlanchinol		3.47	64	Acatlán		1.64		
23	Mineral del Chico		3.47	65	Agua Blanca de Iturbide		1.64		
24	Chapulhuacán		3.46	66	Pachuca de Soto		1.61		
25	Pisaflores		3.45	67	Almoleya		1.42		
26	Tasquillo		3.41	68	Tulancingo de Bravo		1.41		
27	Actopan		3.30	69	Tlanalapa		1.35		
28	Tenango de Doria		3.25	70	Tezontepec de Aldama		1.32		
29	San Felipe Orizatlán		3.22	71	Zapotlán de Juárez		1.31		
30	Huichapan		3.17	72	Mineral de la Reforma		1.14		
31	Huautla		3.12	73	Zempoala		1.07		
32	Mineral del Monte		3.10	74	Villa de Tezontepec		1.00		
33	Huehuetla		2.83	75	Apan		0.97		
34	Atlapexco		2.81	76	Francisco I. Madero		0.96		
35	Tepeji del Río de Ocampo		2.79	77	Atitalaquia		0.96		
36	San Agustín Tlaxiaca		2.71	78	Mixquiahuala de Juárez		0.90		
37	Yahualica		2.70	79	Metepiec		0.86		
38	Chapantongo		2.69	80	Santiago Tulantepec		0.81		
39	Alfajayucan		2.69	81	Tetepango		0.56		
40	Huasca de Ocampo		2.68	82	Tlaxcoapan		0.54		
41	Singuilucan		2.57	83	Tlahuelilpan		0.31		
42	Santiago de Anaya		2.56	84	Tizayuca		0.03		

Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

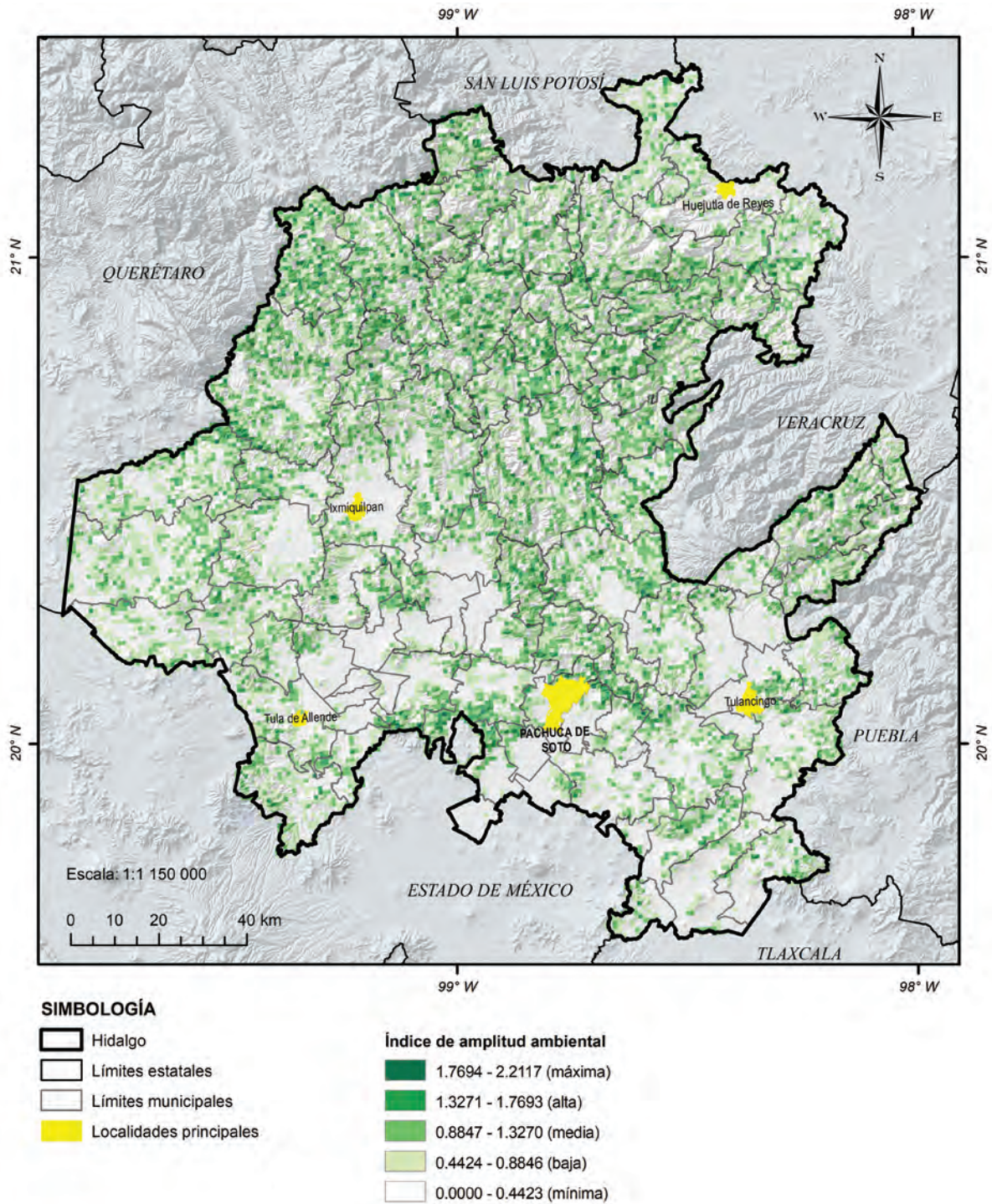


Figura 2. Índices de amplitud ambiental (IAA) para cada uno de los cuadros de 1 km². Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

Cuadro 2. Número de cuadros en cada categoría según la magnitud del índice de amplitud ambiental (IAA) por municipio.

	Municipio	Máxima	Alta	Media	Baja	Mínima
1	Zimapán	6	59	257	376	327
2	Tecoautla	5	37	125	247	231
3	Pacula	4	46	138	186	104
4	Metztlán	3	61	223	344	295
5	Jacala de Ledezma	3	38	142	222	139
6	Tasquillo	3	19	63	101	130
7	Ajacuba	3	18	56	93	145
8	Pisaflores	3	10	59	110	61
9	Tlahuiltepa	2	48	182	283	154
10	San Agustín Tlaxiaca	2	45	79	121	153
11	San Agustín Metzquitlán	2	33	72	110	102
12	Atotonilco el Grande	2	23	136	184	210
13	San Bartolo Tutotepec	2	18	85	197	147
14	Singuilucan	2	16	96	157	245
15	Huasca de Ocampo	2	11	60	131	179
16	Eloxochitlán	1	27	83	132	84
17	Huichapan	1	22	141	302	327
18	Zacualtipán de Ángeles	1	22	87	153	108
19	Cardonal	1	20	138	278	269
20	La Misión	1	18	78	116	90
21	Juárez Hidalgo	1	18	42	56	29
22	Alfajayucan	1	17	77	161	265
23	Calnali	1	16	81	122	54
24	Tlanchinol	1	15	90	202	172
25	Mineral del Chico	1	15	70	100	66
26	Nicolás Flores	1	14	88	126	89
27	Pachuca de Soto	1	13	31	44	118
28	Tianguistengo	1	11	78	160	93
29	Tepeji del Río	1	11	67	180	190
30	Tula de Allende	1	11	55	150	214
31	San Felipe Orizatlán	1	11	53	190	169
32	Mineral de la Reforma	1	11	18	22	105
33	San Salvador	1	10	35	63	173
34	Epazoyucan	1	7	38	50	103
35	Huazalingo	1	6	40	38	61
36	Chilcuahtla	1	4	31	101	151
37	Tenango de Doria	1	3	45	108	74
38	Xochicoatlán		29	72	95	49
39	Actopan		23	77	99	166
40	Lolotla		17	62	121	67
41	Mineral del Monte		16	23	26	18
42	Tepehuacán de Guerrero		15	90	188	138
43	Huautla		15	61	133	147

Cuadro 2. Continuación.

	Municipio	Máxima	Alta	Media	Baja	Mínima
44	Santiago de Anaya		15	58	97	154
45	Tepeapulco		14	57	82	158
46	Molango de Escamilla		13	65	122	71
47	Tolcayuca		13	26	40	104
48	Atotonilco de Tula		10	32	51	85
49	Atlapexco		10	30	75	80
50	Nopala de Villagrán		9	57	158	215
51	Chapantongo		8	70	140	142
52	Chapulhuacán		8	65	124	100
53	El Arenal		8	35	52	80
54	Tulancingo de Bravo		8	30	47	201
55	Huejutla de Reyes		7	49	164	284
56	Almoleya		7	30	97	213
57	Zempoala		7	29	84	292
58	Cuautepec de Hinojosa		6	59	149	265
59	Yahualica		6	52	72	72
60	Tepetitlán		6	31	89	68
61	Zapotlán de Juárez		6	18	20	102
62	Ixmiquilpan		5	77	181	331
63	Acaxochitlán		5	57	117	122
64	Acatlán		5	33	78	191
65	Mixquiahuala de Juárez		5	17	26	143
66	Huehuetla		3	48	148	98
67	Apan		3	38	69	306
68	Progreso de Obregón		3	35	26	65
69	Omitlán de Juárez		3	25	54	43
70	Atitalaquia		3	9	16	67
71	Xochiatipan		2	36	63	88
72	Emiliano Zapata		2	18	43	107
73	Jaltocán		2	9	28	22
74	Villa de Tezontepec		2	9	24	95
75	Francisco I. Madero		2	6	37	91
76	Tlanalapa		1	22	27	75
77	Tezontepec de Aldama		1	20	34	156
78	Santiago Tulantepec		1	9	25	60
79	Agua Blanca de Iturbide			23	49	86
80	Metepec			10	31	156
81	Tetepango			1	12	58
82	Tlaxcoapan			1	9	56
83	Tlahuelilpan				6	47
84	Tizayuca				4	106

Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

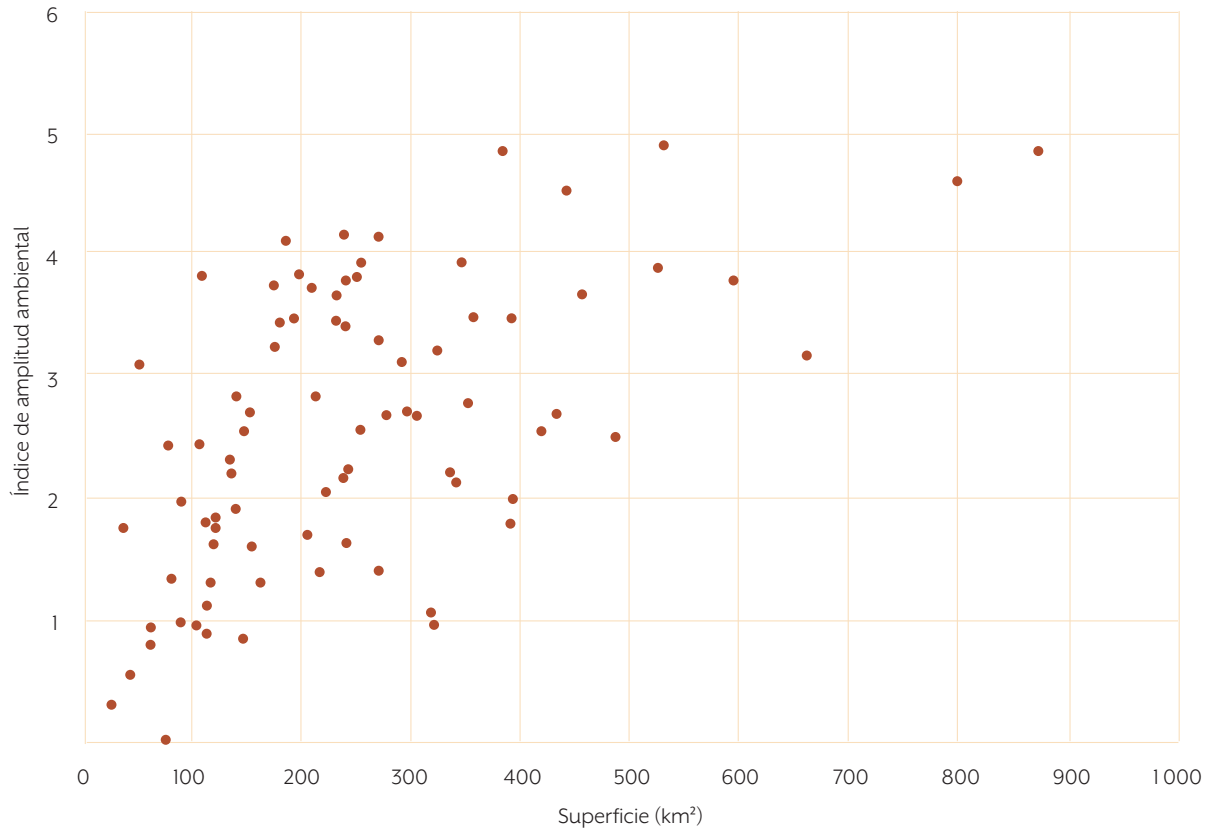


Figura 3. Correlación entre el índice de amplitud ambiental (IAA) y superficie por municipio ($R^2= 34\%$). Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

Comparación local de unidades de 1 km²

Con base en una cuadrícula compuesta, se contrastó el ambiente de cada cuadro a lo largo y ancho de la entidad (figura 2). El área donde los cuadros presentan una mayor IAA se revela en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, en la región de la Huasteca Hidalguense, en la Sierra Gorda hidalguense y la sierra de Tenango; así como en el Eje Volcánico Transversal, en las áreas montañosas de la Comarca Minera y la región oriental del Valle del Mezquital.

Las zonas con IAA más bajas se ubicaron en los valles y las áreas planas del estado: la región oriental del Valle del Mezquital, la Cuenca de México, la región sur de la Comarca Minera, el Valle de Tulancingo y la Altiplanicie Pulquera. Esta comparación adquiere relevancia si se adopta la visión municipal, donde la medida de amplitud ambiental es el resultado de toda la variabilidad existente dentro de los

municipios. Por su parte, en los cuadros de 1 km² se compara la magnitud de la heterogeneidad local, es decir, los cuadros blancos de Tlahuiltepa tienen tanta amplitud ambiental como los de Tizayuca; lo que varía es su frecuencia al interior de los municipios. Para estandarizar el dato y poder hacerlo comparativo se obtuvo el promedio de IAA de todos los cuadros dentro de cada uno (cuadro 3).

De esta manera, Mineral del Monte, Juárez Hidalgo, Xochicoatlán, Pacula, Calnali, Tlahuiltepa, Eloxochitlán, Jacala de Ledezma, Mineral del Chico y San Agustín Metzquitlán presentaron los mayores valores promedio de IAA. El municipio Tlahuiltepa, que a nivel municipal presentó el mayor IAA (cuadro 1), ocupa el sexto lugar en cuanto a la comparación de IAA local (cuadro 3). En ambos análisis Tizayuca fue el municipio con menor promedio de IAA (cuadros 1 y 3).

Cuadro 3. Promedio del valor del índice de amplitud ambiental (IAA) de los cuadros que corresponden a cada municipio.

Municipio		Promedio IAA	Municipio		Promedio IAA
1	Mineral del Monte	2.4458	43	Acaxochitlán	1.8173
2	Juárez Hidalgo	2.3562	44	Atotonilco de Tula	1.8146
3	Xochicoatlán	2.3306	45	Progreso de Obregón	1.8140
4	Pacula	2.2887	46	Santiago de Anaya	1.7963
5	Calnali	2.2263	47	San Felipe Orizatlán	1.7854
6	Tlahuiltepa	2.1943	48	Singuilucan	1.7849
7	Eloxochitlán	2.1713	49	Tepeji del Río de Ocampo	1.7817
8	Jacala de Ledezma	2.1618	50	Tepeapulco	1.7653
9	Mineral del Chico	2.1468	51	Huasca de Ocampo	1.7624
10	San Agustín Metzquitlán	2.1317	52	Epazoyucan	1.7588
11	Pisaflores	2.1111	53	Xochiatipan	1.7460
12	Lolotla	2.1086	54	Pachuca de Soto	1.7198
13	Nicolás Flores	2.0943	55	Tolcayuca	1.7158
14	La Misión	2.0891	56	Alfajayucan	1.7102
15	Molango de Escamilla	2.0738	57	Tula de Allende	1.6891
16	Zacualtipán de Ángeles	2.0701	58	Nopala de Villagrán	1.6811
17	Zimapán	2.0644	59	Chilcuautila	1.6215
18	Metztitlán	2.0637	60	Mineral de la Reforma	1.6051
19	San Agustín Tlaxiaca	2.0550	61	Agua Blanca de Iturbide	1.6013
20	Tianguiestengo	2.0292	62	Cuautepec de Hinojosa	1.5950
21	Tecozautla	1.9736	63	San Salvador	1.5922
22	Yahualica	1.9604	64	Tlanalapa	1.5920
23	Atotonilco el Grande	1.9604	65	Ixmiquilpan	1.5892
24	Huazalingo	1.9589	66	Huejutla de Reyes	1.5615
25	Tepehuacán de Guerrero	1.9582	67	Acatlán	1.5179
26	San Bartolo Tutotepec	1.9555	68	Almoloya	1.5130
27	Tasquillo	1.9367	69	Zapotlán de Juárez	1.5068
28	Chapulhuacán	1.9360	70	Emiliano Zapata	1.5000
29	Tenango de Doria	1.9134	71	Santiago Tulantepec	1.4842
30	Omitlán de Juárez	1.9040	72	Tulancingo de Bravo	1.4580
31	Tlanchinol	1.8979	73	Atitalaquia	1.4526
32	Actopan	1.8822	74	Francisco I. Madero	1.4044
33	Cardonal	1.8754	75	Zempoala	1.3956
34	Tepetitlán	1.8711	76	Mixquiahuala de Juárez	1.3927
35	Ajacuba	1.8603	77	Apan	1.3702
36	Jaltocán	1.8525	78	Villa de Tezontepec	1.3692
37	Huehuetla	1.8519	79	Tezontepec de Aldama	1.3649
38	Atlapexco	1.8462	80	Metepec	1.2589
39	Chapantongo	1.8444	81	Tetepango	1.1972
40	Huautla	1.8427	82	Tlaxcoapan	1.1667
41	El Arenal	1.8343	83	Tlahuelilpan	1.1132
42	Huichapan	1.8247	84	Tizayuca	1.0364

Fuente: elaboración propia con datos de García 1998, INEGI 2014, 2016, 2018.

Conclusiones

Los municipios Pacula, Tlahuiltepa y Jacala de Ledezma destacan como excepcionales ambientalmente, pues presentaron gran amplitud ambiental en ambos análisis expuestos. En términos ambientales, esta información indica dónde se podrían dirigir los esfuerzos de investigación e inversiones con fines de conservación, incluso considerando que estos tres municipios son colindantes entre sí. Pacula, Tlahuiltepa y Jacala de Ledezma son sitios con una amplia variación altitudinal (entre 400 y 2 600 msnm) y accidentada topografía; además, son una zona de transición entre áreas bajas (cálido-húmedas) y altas (templadas-húmedas) dentro de Hidalgo, y corresponden con las laderas opuestas al límite con la Sierra Gorda de Querétaro. En el extremo opuesto, los municipios con menor amplitud ambiental fueron los de menor variación topográfica: Tizayuca, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Tetepango y Metepec. Los sitios topográficamente planos son lugares que favorecen la dinámica de las activida-

des humanas, por lo que coinciden con lugares alterados que albergan pocos elementos originales.

La diversidad ambiental medida como IAA es un parámetro efectivo para la comparación de los hábitats potenciales; sin embargo, es importante considerar que los resultados:

- Se presentan en escala logarítmica.
- Requieren verificación de campo para confirmar la información que se obtiene cartográficamente.
- Una mayor extensión de área no necesariamente corresponde con una mayor amplitud ambiental.
- La topografía y la diferencia altitudinal sí coinciden con valores más altos de amplitud ambiental.

El IAA es una herramienta para realizar una comparación de superficies, territorios y predios, a través del tratamiento en los SIG de la información disponible; lo anterior no reemplaza a un buen muestreo, pero proporciona nociones fundamentadas sobre dónde dirigir los esfuerzos de trabajo y corroboración de campo.

Referencias

- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend. 1996. *Ecology: individuals, population and communities*. Blackwell Science, Reino Unido.
- Colwell, R.K. y D.J. Futuyma. 1971. On measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52(4):567-576.
- Fragoso-Servón, P., A. Pereira, O. Frausto y F. Bautista. 2014. Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. *Quivera* 16(1):97-125.
- García, E. 1998. *Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García)*. CONABIO, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. *Conjunto de datos vectoriales edafológico, serie II, escala 1:250 000*. INEGI, México.
- _____. 2016. *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, serie VI, escala: 1:250 000*. INEGI, México.
- _____. 2018. *Marco geoestadístico nacional*. INEGI, México.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Benjamin Cummings-Addison Wesley Longman, Estados Unidos.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Estados Unidos.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science, Estados Unidos.
- Moreno, C.E. 2000. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Veracruzana: Textos Universitarios, México.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T Manuales y Tesis SEA, España.
- Moreno, C.E., F. Rosas y I. Castellanos. 2017. Introducción. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo 1. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 19-28.







2

Contexto histórico y socioeconómico



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Adriana Gómez Aiza

Saber cuántas personas habitan un territorio determinado, quiénes son y cuáles sus características, cómo se distribuyen y cómo crecerán, es fundamental para prever qué requerirán en lo general en el futuro, y qué demandas específicas ejercerán sobre los recursos y las especies vivas del territorio hidalguense.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en 2015 Hidalgo contaba con alrededor de 2 millones 900 mil residentes. Entre los principales fenómenos demográficos de esta población destacan: un paulatino proceso de envejecimiento demográfico, la presencia significativa de población indígena, un saldo positivo en el balance migratorio que favorece el crecimiento social, altos índices de marginación y pobreza en buena parte de los municipios, y la rápida densificación de centros urbanos.

El primer fenómeno, de envejecimiento demográfico, es resultado del incremento proporcional de las personas que llegan a los grupos de edad avanzada, cuyas necesidades se reflejan en el predominio de las patologías crónico-degenerativas entre las principales causas de muerte en el estado. Sin embargo, el acceso a la salud no es homogéneo. Se calcula que ocho de cada 10 personas es derechohabiente en alguna institución de salud pública, indistintamente de que sean hombres o mujeres; siete de los afiliados pertenecen al Seguro Popular, programa que, en su momento, protegía a personas sin empleo formal remunerado.

Asimismo, los datos sobre afiliación al sistema de salud reflejan una realidad laboral en la participación femenina: 74% de los hombres mayores de

15 años se emplea en el sector formal, mientras que sólo 41% de las mujeres lo hace; la ocupación en el sector informal fue de 32% para hombres y 40% para mujeres. La distribución de las actividades productivas en Hidalgo explica que, de 2 millones de personas en edad de trabajar, solo se emplearan 4 de 10 mujeres, pues se trata de labores tradicionalmente desempeñadas por hombres: actividades industriales como la extracción minera, y la producción de maquinaria y ensamblado automotriz (para el estado, el sector secundario representa 31% del producto interno bruto, PIB).

Además de las diferencias relacionadas con el género, tales actividades productivas también se vinculan a factores ambientales como la contaminación del aire, la acumulación de residuos sólidos peligrosos y la contaminación de los alimentos por microorganismos patógenos, entre otros, que inciden sobre la salud de la población y se ven reflejadas en las principales enfermedades en la entidad: pulmonares y del corazón, tumores malignos, diabetes mellitus y accidentes. En lo que respecta a los niveles educativos alcanzados entre quienes tienen más de 15 años, éstos también muestran rezagos que afectan particularmente a las mujeres, con excepción de los mayores niveles de escolaridad.

También es de considerar la información sobre la movilidad territorial, ya que de 100 personas que residían en Hidalgo en 2015, tres salieron rumbo a otras entidades del centro del país, Nuevo León, o Estados Unidos. Respecto a este último destino, Hidalgo ocupó el quinto lugar entre las entidades

Gómez Aiza, A. 2021. Resumen ejecutivo. Contexto histórico y socioeconómico. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 89-91.

del país con mayor intensidad migratoria internacional; específicamente la región del Valle del Mezquital fue la que aportó el mayor número de emigrantes, muchos de ellos varones. Esta realidad migratoria de la entidad resalta la relación entre los fenómenos demográficos y los usos del suelo: una región de vocación agrícola que se convirtió en expulsora de población conforme este sector productivo se contrajo.

El Mezquital es también una región con importante presencia de población indígena. Del total de población residente en Hidalgo en 2015, los hablantes de alguna lengua indígena representaron 14%, lo que ubica a la entidad en octavo lugar a nivel nacional. Seis de diez hablantes eran nahuas, asentados en el bosque tropical perennifolio de la Huasteca Hidalguense, al noreste de la entidad, y en los bosques de pino-encino de Acaxochitlán, que forman parte del sur de la sierra Otomí-Tepehua. Tres de cada diez hablantes eran otomíes de la planicie semi-seca de matorral xerófito del Valle del Mezquital, al oeste de la entidad, y otomíes de los bosques de niebla y tropical perennifolio de la sierra Otomí-Tepehua, al este, enclavada en el macizo montañoso de la Sierra Madre Oriental.

La presencia de migrantes indígenas en la entidad pertenecientes a otras etnias del país, apunta a otro aspecto del fenómeno migratorio, la inmigración. La mayoría de las 121 mil personas que llegaron de otra entidad, provenían de zonas cercanas: Estado de México (43%), la Ciudad de México (25%), Puebla y Veracruz (10% en conjunto). La migración hacia Hidalgo ha mantenido un ritmo de crecimiento constante desde 2005, con balance positivo en el saldo migratorio final, que en 2015 fue 4% de entrada y 3% de salida. Con ello se ha expandido el sector terciario y el empleo formal e informal en servicios y comercio, el giro económico que domina en los conglomerados urbanos.

El crecimiento demográfico y la densificación de los asentamientos urbanos conlleva la transformación del paisaje, y de la flora y fauna circundantes. En 2015, la mitad de la población se ubicó en localidades urbanas y la otra mitad en zonas rurales (52% y 48% respectivamente), con elevados índices de marginación en 77 de cada 100 localidades de la entidad, muchas de ellas ubicadas en asentamientos dispersos y orografías abruptas o de difícil acceso.

En contraste, la densidad demográfica creció en los últimos 25 años, pasando de 90 a 137 personas por km²; fenómeno que se acentuó en las principales localidades urbanas: Pachuca, Tulancingo, y Tula, y en menor medida, Tizayuca y Huejutla. Salvo Huejutla, se trata de zonas metropolitanas.

En el caso de Pachuca (municipios Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma y San Agustín Tlaxiaca) el área urbana que ocupa el área metropolitana abarca hoy 34 km², el doble de su extensión hace treinta años, y ejerce presión sobre vastas planicies de vocación agrícola, correspondientes a los paisajes de transición del matorral xerófito al bosque templado. Los terrenos ejidales empobrecidos por el cultivo prolongado o la falta de agua (sequías o captación hacia las urbes), se fraccionan para albergar casas de diseño prefabricado que aparecen en el paisaje en pocos meses; al principio aislados del conjunto urbano, hasta que éste los engulle poco a poco. Otros se venden o rentan para la extracción de materiales de construcción: arena, tepetate y tezontle. Las minas a cielo abierto se observan a simple vista en varias elevaciones alrededor de la ciudad de Pachuca.

Los tajos de arena azul en las faldas del cerro de Zempoala, al sur de la metrópoli, son un ejemplo. Los materiales para construcción se extraen desde la superficie al tiempo que se eliminan las capas superiores y recubrimientos fértiles del suelo. Los terrenos adyacentes a los siete sitios de extracción se cubren con material extraído, escombros y residuos. Al valor ambiental se añade el histórico; se cuenta con registros históricos de hace casi 500 años, que dan testimonio de especies que han desaparecido del cerro y sus alrededores, o bien son escasas a nivel regional, como el maguey *Agave salmiana*, una planta sometida a sobreexplotación culinaria o al olvido.

Por su parte, la zona metropolitana de Tulancingo triplicó su población en los últimos 45 años y quintuplicó sus dimensiones de los años ochenta a la fecha, alcanzando poco más de 45 km². Aquí, la mancha urbana ganó 30% de la superficie sobre los bosques circundantes entre 1993 y 2002. La deforestación afectó particularmente la zona este de la metrópoli, en Cuauteppec, y el noreste, rumbo al municipio Acaxochitlán. El empleo de zacatales para la ganadería, en las planicies del suroeste de Tulancingo

y en Tulantepec, ha contribuido a erosionar los suelos y a disminuir la capacidad de recarga de mantos freáticos. Se suma la descarga de los desechos industriales y urbanos al río Tulancingo, que se une a otras corrientes para formar el río Metztitlán, uno de los principales afluentes que alimentan la laguna de Metztitlán, de la que dependen muchas especies silvestres, migratorias y cultivadas.

El mayor aumento en la extensión de la mancha urbana durante los últimos treinta años corresponde a Tula, donde se duplicó el área ocupada por asentamientos humanos, hasta comprender 105 km². Como en Pachuca y Tulancingo, la población casi triplicó su tamaño, al pasar de casi 40 mil habitantes en 1970, a 109 mil en 2015. Las plantas de extracción de cal y cemento, así como las naves para el aprovechamiento de hidrocarburos, ocupan una considerable extensión territorial. De los dos ecosistemas que comprende el área urbana, el más afectado es el bosque de encinos, asociado a las zonas templadas y húmedas con relieve que circundan el oeste de la metrópoli, ya que a la deforesta-

ción causada por la actividad industrial se añade el pastoreo y la explotación maderera local, lo que se ve reflejado en el paisaje: los conjuntos de encinos que están mejor conservados se encuentran en laderas de difícil acceso, mientras que las áreas planas se han transformado en laderas de pastos y zacate para ganado.

Como muestra el contenido de esta sección, para regular y dirigir los cambios en el territorio, lo mismo que para aprovechar sustentablemente el espacio y sus recursos, se requiere de un esfuerzo en distintos niveles de gobierno, e integración de distintos sectores sociales, que se vinculen con programas de desarrollo intermunicipal. La supervivencia de las especies, entre ellas la humana, depende del balance general del ecosistema, que no se circunscribe a límites administrativos. Urgen programas de restauración ecológica y forestal, que incluyan acciones de compensación ambiental y captación de agua para contrarrestar el impacto de la actividad minera en Tula, y en los alrededores de Pachuca.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Características demográficas

María Félix Quezada Ramírez, Alex Manetta, María Valeria Judith Montoya García, Elsa Ortiz Ávila, Asael Ortiz Lazcano, Tomás Serrano Avilés y Germán Vázquez Sandrin

Contexto sociodemográfico

En los periodos 1990-1995, 1995-2000 y 2000-2005, el crecimiento de la población de Hidalgo presentó un significativo cambio de tendencia, ya que se registraron tasas positivas similares o menores al promedio nacional; sin embargo, en periodos más recientes (2005-2010 y 2010-2015) se registraron tasas mayores al promedio nacional (cuadro 1). Este hecho está relacionado con la intensificación de la llegada de inmigrantes a la entidad. Las tasas positivas de crecimiento de la población equivalen a un aumento del volumen de residentes (figura 1), lo que ubica a Hidalgo como el 17º estado más poblado del país en 2015 (INEGI 2015a).

Estos cambios en el ritmo de crecimiento y en el volumen de la población ocurrieron simultáneamente al cambio de otros aspectos demográficos, como la caída en la razón de sexo¹ entre 1990 y 2015 (cuadro 2). Pueden observarse cambios en la estructura de población (figura 2), correspondientes

al balance alcanzado por las tendencias recientes de los componentes básicos de la dinámica demográfica (fecundidad, mortalidad y migración). Llama la atención el gradual envejecimiento demográfico; esto es, una disminución del porcentaje relativo de personas con edades entre 0 y 14 años y el aumento en la proporción de personas en edad laboral (15-64 años) y de adultos mayores (65 años y más). Este proceso de envejecimiento puede ser representado también por fenómenos como la caída en la razón de dependencia,² así como la elevación de la tasa de envejecimiento³ y del índice de envejecimiento⁴ (figura 3).

Los cambios en las tendencias de la dinámica de la población también fueron acompañados por alteraciones en la densidad demográfica (que pasó de 90.1 a 137.1 personas por km² entre 1990 y 2015) y en su distribución territorial, siendo las ciudades más pobladas de la entidad Pachuca de Soto, Tulancingo de Bravo, Mineral de la Reforma, Huejutla de Reyes y Tizayuca (figura 4).

1 Número de hombres para cada 100 mujeres de la población total.

2 Cociente entre la población dependiente (menores de 14 años y mayores de 64 años) y la población en edad laboral (personas con edades entre 15 y 64 años). En el proceso de envejecimiento de la población, la población en edad laboral aumenta en volumen y resulta en una caída de la razón de dependencia. Este efecto también es conocido en la literatura especializada como bono demográfico.

3 Cociente entre la población con 65 años y más y la población total, multiplicado por 100; el resultado se expresa en porcentaje.

4 Cociente entre la población con 65 años y más y la población con menos de 15 años, multiplicado por 100; el resultado se expresa en porcentaje.

Quezada Ramírez, M.F., A. Manetta, M.V.J. Montoya-García, E. Ortiz-Ávila, A. Ortiz Lazcano, T. Serrano y G. Vázquez Sandrin. 2021. Características demográficas. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 93-104.

Cuadro 1. Tasas medias anuales de crecimiento (porcentaje al año).

Periodo	México	Hidalgo
1990-1995	2.3	2.3
1995-2000	1.4	1.1
2000-2005	1.2	1.0
2005-2010	1.7	2.6
2010-2015	1.3	1.4

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015b.

Cuadro 2. Número de hombres para cada 100 mujeres de la población total de 1990 a 2015. Los valores reflejan el número de hombres por cada 100 mujeres de la población total.

Año	Razón de sexo
1990	96.9
1995	97.5
2000	93.8
2005	92.1
2010	93.1
2015	91.9

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015b.

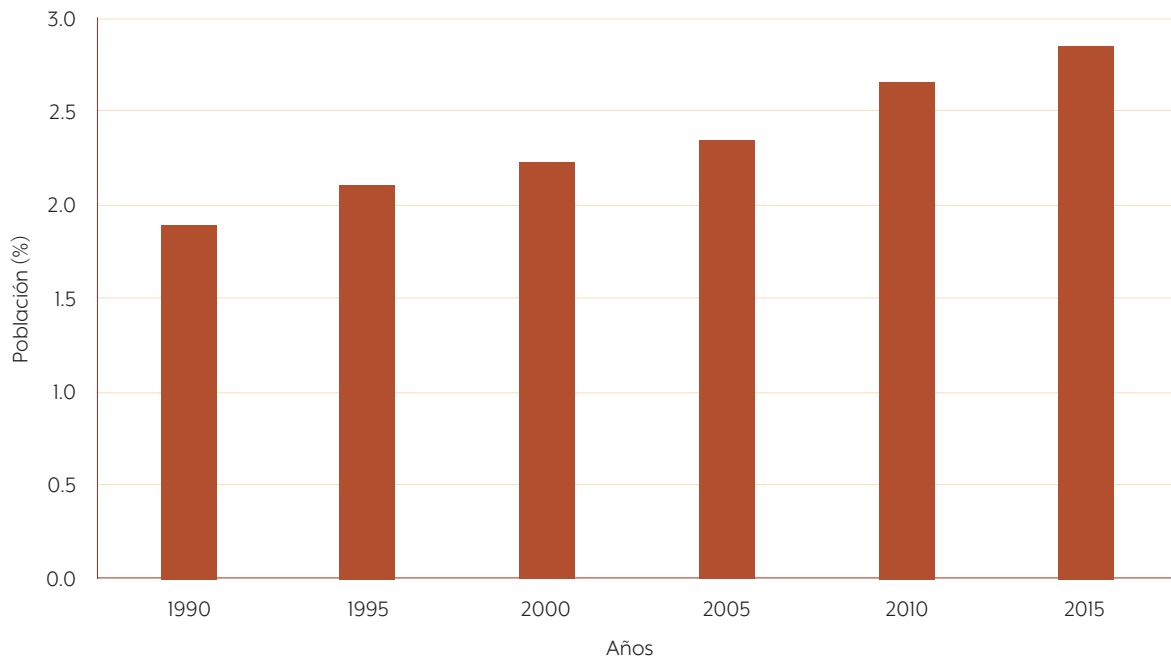


Figura 1. Población total residente en el periodo 1990-2015. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015b.

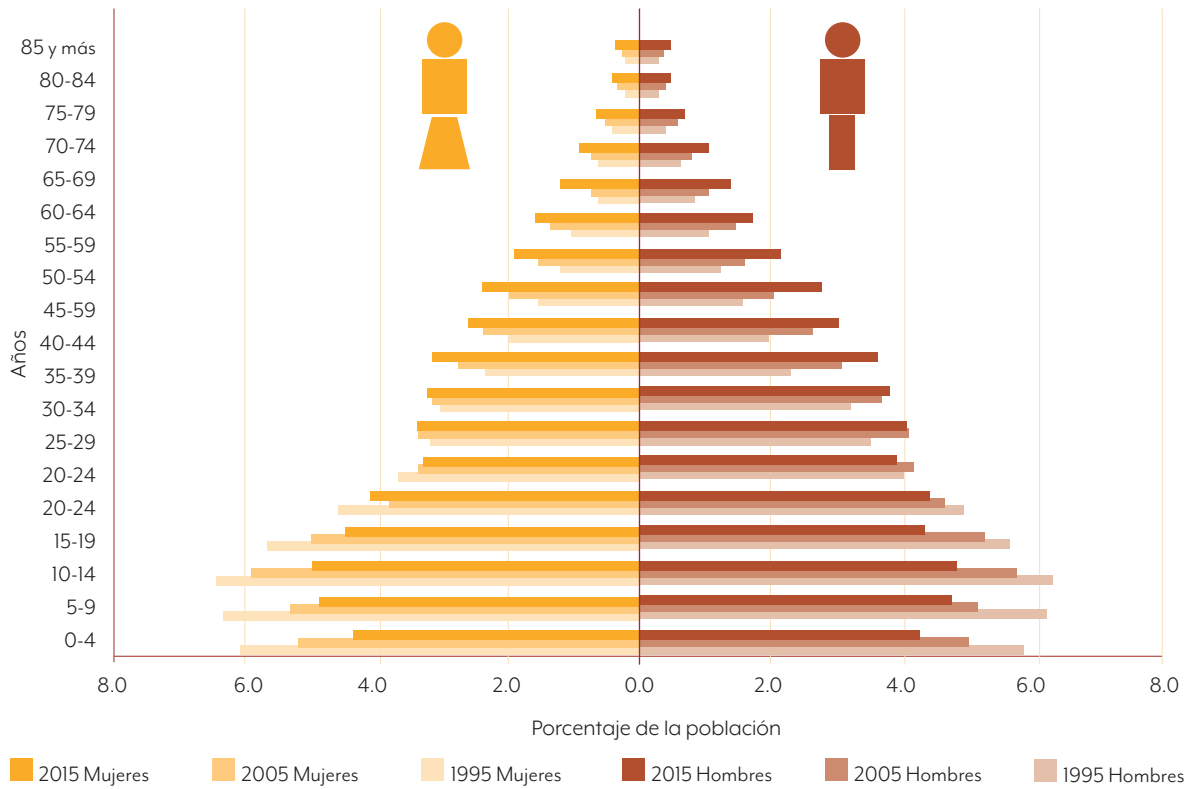


Figura 2. Estructura de la población por sexo y grupos de edades en 1995, 2005 y 2015. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1995, 2005, 2015b.

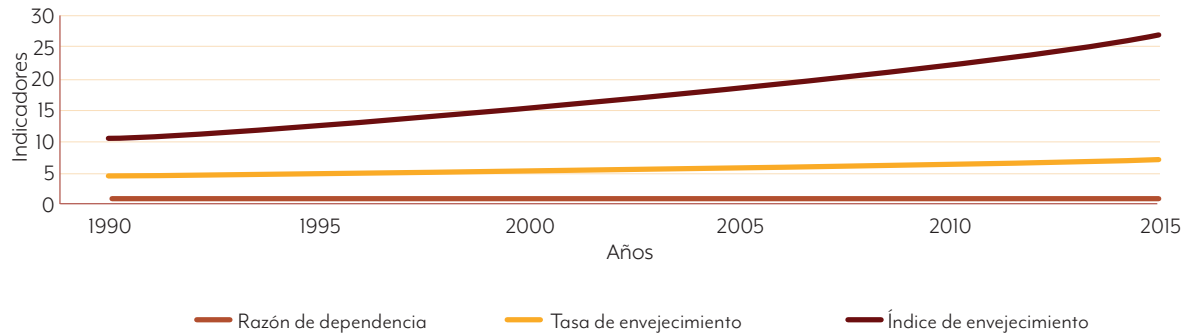


Figura 3. Indicadores de envejecimiento de la población en el periodo 1990-2015. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015b.

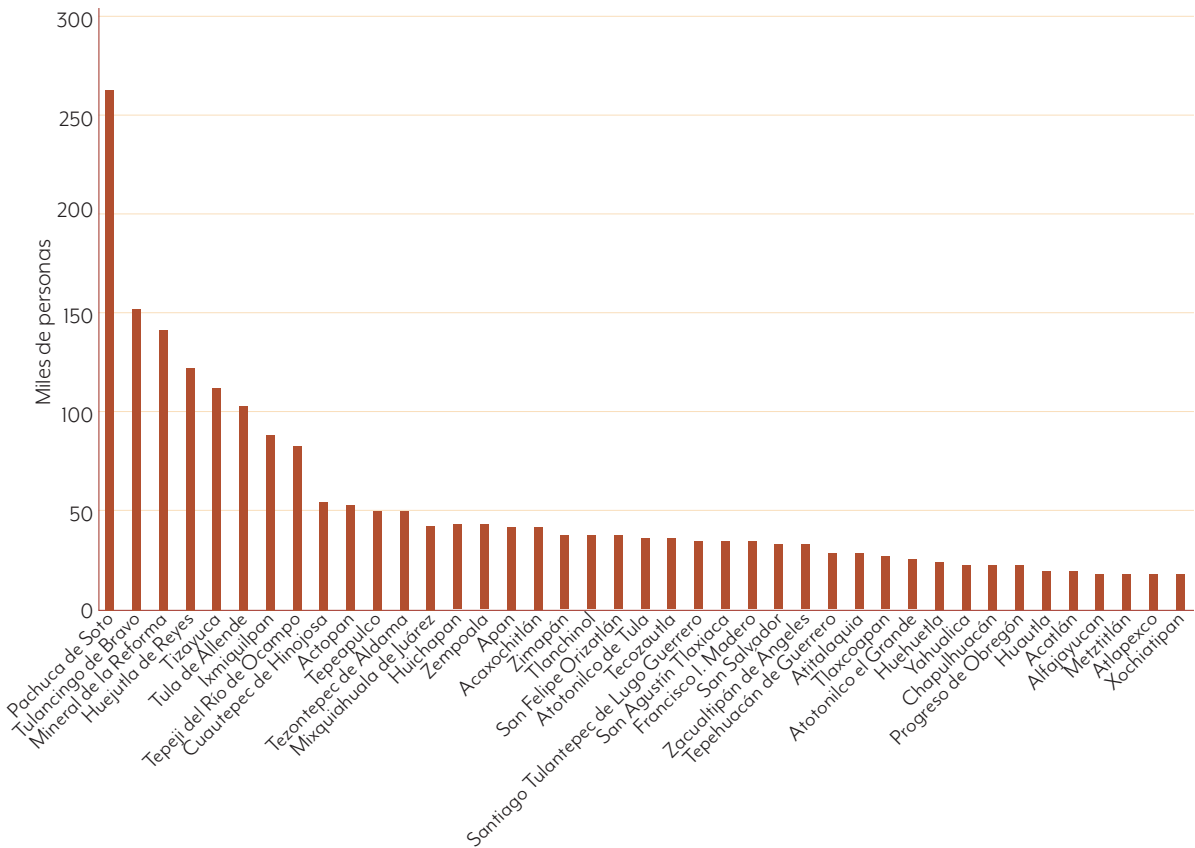


Figura 4. Población residente por municipio en 2015. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015b.

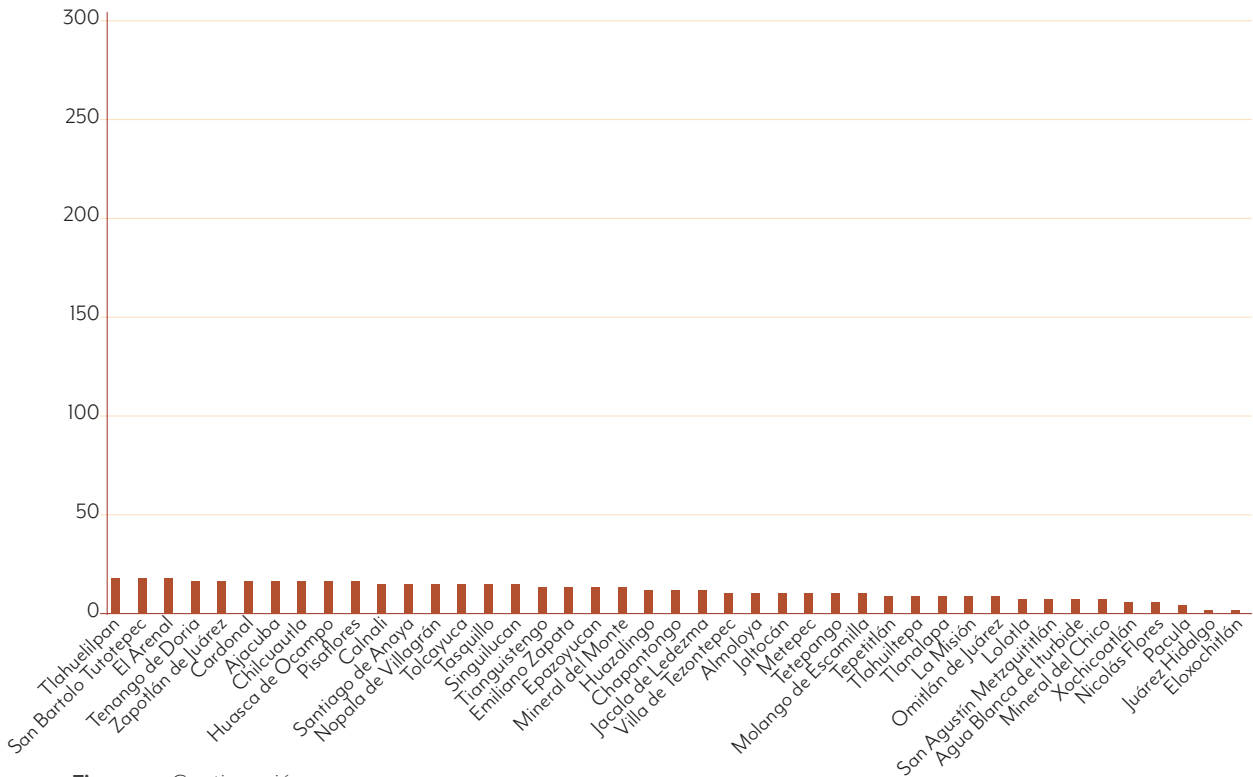


Figura 4. Continuación.

Población indígena

Según la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI 2015b), Hidalgo fue el octavo estado con mayor número de hablantes de lengua indígena en el país. Esta población se ha asentado históricamente en tres territorios: el Valle del Mezquital, la Huasteca y la Sierra Otomí-Tepehua. En 2015, 386 128 hidalguenses hablaban alguna lengua indígena, que en términos relativos representa 14% de la población del estado. Del total de indígenas hablantes, 66.2% corresponde a la lengua náhuatl, 31.5% al otomí y 1.5% a otra lengua; el resto no especificó qué lengua indígena hablaba (Figura 5).

Huejutla de Reyes, Pachuca de Soto, Yahualica, Tlaxcoapan y Xochiatipan son los municipios con el mayor porcentaje de hablantes de lengua náhuatl. En tanto Ixmiquilpan, Huehuetla, Chapantongo, Santiago de Anaya y San Salvador figuran como los municipios con mayor porcentaje de hablantes de lengua otomí. Es importante resaltar que, si bien Pachuca no es un espacio de residencia histórica de los indígenas de origen nahua, se ha convertido en un municipio que atrae la migración de esta población. Otra variable importante para definir la población indígena es la autoadscripción; en lo que respecta a este indicador, 36% de la población hidalguense señaló en 2015 que, de acuerdo con su cultura, se consideraba indígena.

Migración interna e internacional

Recientemente Hidalgo ha ido ganando población por migración.⁵ De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2015a), la entidad tuvo un saldo neto positivo; es decir, recibió más población de la que emigró. Para 2015, la cantidad de inmigrantes fue de 120 710 (equivalente a 4% del total de la población en Hidalgo). Los inmigrantes provenían principalmente del Estado de México (43%), Ciudad de México (24.4%), Puebla (5.7%) y Veracruz (5.4%).

Por otra parte, 71 343 hidalguenses con 5 años o más de edad vivían en una entidad distinta, lo que representó 2.8% de la población mayor de cinco años. De esos emigrantes, 28.7% se dirigieron al Es-

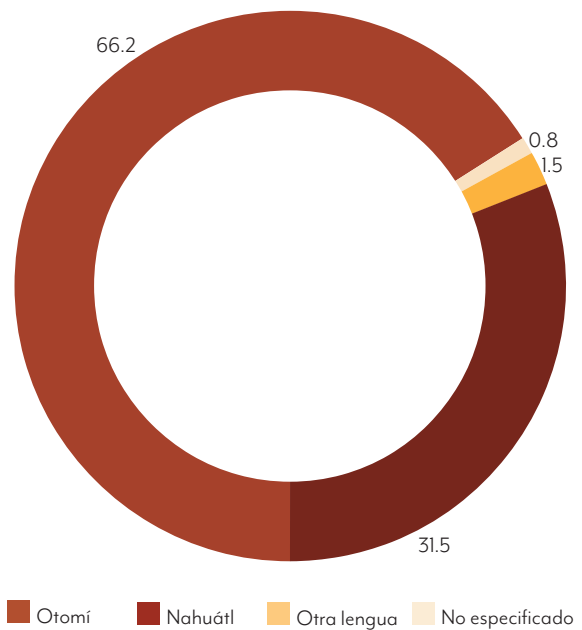


Figura 5. Lenguas indígenas (porcentajes en relación con el total de hablantes). Fuente: INEGI 2015b.

tado de México, 15.2% a la Ciudad de México, 9.6% a Querétaro, 6.9% a Nuevo León y 5.5% a Puebla (INEGI 2015a); con ello se identifica que la mayor parte de los hidalguenses que dejan su tierra natal se dirige a las entidades del centro del país y Nuevo León.

En cuanto al flujo migratorio internacional, éste se dirige fundamentalmente a Estados Unidos, principalmente con destino a los estados de Florida (Clearwater), Texas (Houston) y Nevada (Las Vegas). En 2010, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) situó a Hidalgo en el quinto lugar —después de Zacatecas, Guanajuato, Michoacán y Nayarit— de los estados con mayor índice de intensidad migratoria (CONAPO 2012). Al interior del estado se identificaron 28 municipios con alto y muy alto grado de intensidad migratoria; 15 de ellos se ubicaban en el Valle del Mezquital, donde los municipios de Ixmiquilpan, Zimapán, Tasquillo y Tecozautla aportaron mayor volumen de migrantes internacionales. Según la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID; INEGI 2015a), entre 2009 y 2014 emigraron hacia Estados Unidos 22 580 hidalguenses.

⁵ Se refiere a los movimientos ocurridos cinco años antes del levantamiento de la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI 2015b). En el cuestionario se indaga en qué estado de la república mexicana vivía la persona en marzo de 2010.

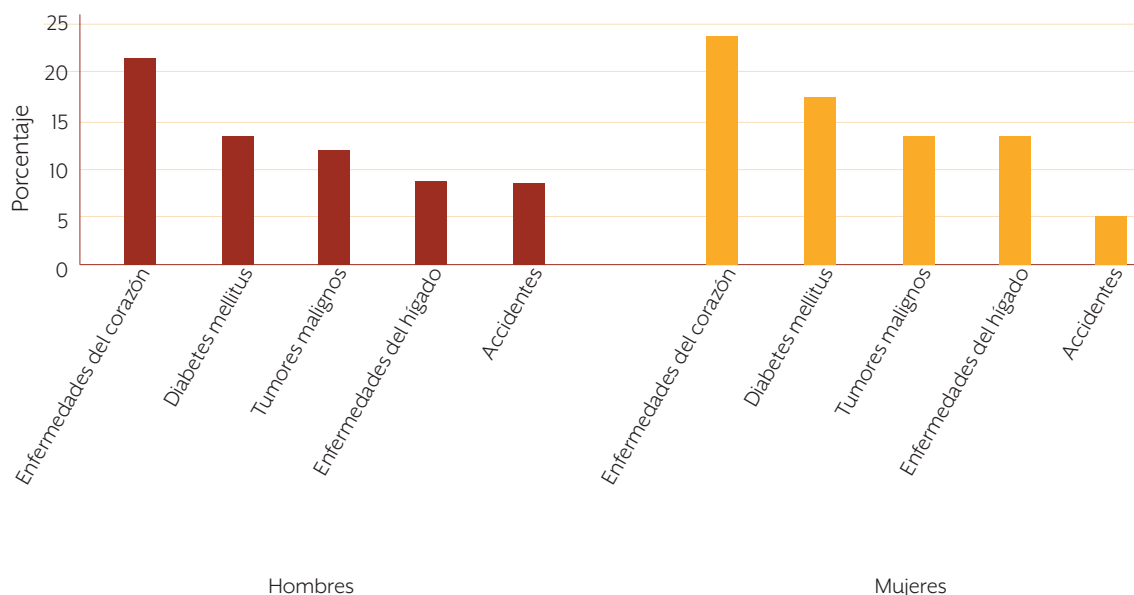


Figura 6. Principales causas de muerte. Los criterios para la selección de las principales causas de muerte consideran la Lista mexicana de enfermedades. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2016.

Mortalidad y salud

Durante 2015, en Hidalgo fallecieron 15 391 residentes, de los cuales 8 480 eran hombres y 6 911 mujeres (INEGI 2016). A nivel nacional fallecen 117 hombres por cada 100 mujeres. Estas desigualdades se observan también en las diferencias de las causas de muerte entre hombres y mujeres en Hidalgo (figura 6). De manera general, las cinco principales causas de muerte de los hombres son provocadas por enfermedades del corazón (21.1%), diabetes mellitus (13.1%), tumores malignos (11.8%), enfermedades del hígado (8.6%) y accidentes (8.5%). Entre la población femenina se mantiene una estructura de fallecimientos por causa similar a la de los hombres: debido a enfermedades del corazón (23.5%), diabetes mellitus (17.2%) y tumores malignos (13.1%), pero se adiciona las enfermedades cerebrovasculares (6.7%) y enfermedades pulmonares (5.0%).

En general, el acceso a la salud se puede conocer a través del acceso o afiliación a los servicios médicos en la entidad. Los datos de la Encuesta Intercensal 2015 indican que 82.4% de la población en Hidalgo es derechohabiente o está afiliada a servicios de salud (INEGI 2015b). Al analizar estas

cifras por sexo, se observa que las mujeres derechohabientes representan 83.7%, número que supera a los hombres por casi dos puntos porcentuales (80.9%).

Más de la mitad de la población total está afiliada al Seguro Popular (68.4%), mientras que 23.3% lo está al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 7.7% al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), 1.2% a Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y Secretaría de Marina (SEMAR), y 1.4% cuenta con seguro privado. Cabe destacar que 2% de la población tiene afiliaciones múltiples (es decir, está afiliada a más de un servicio de salud).

Existe una estrecha y muy compleja relación entre la salud y el medio ambiente. Los problemas ambientales que sufre Hidalgo pueden producir efectos negativos sobre la salud de la población. En este sentido, las enfermedades más importantes en la entidad (p.e. pulmonares y del corazón, tumores malignos, diabetes mellitus, accidentes) suelen asociarse a factores genéticos, nutrición y riesgos del estilo de vida, pero también a factores ambientales como la contaminación del aire, la acumulación de residuos sólidos peligrosos y

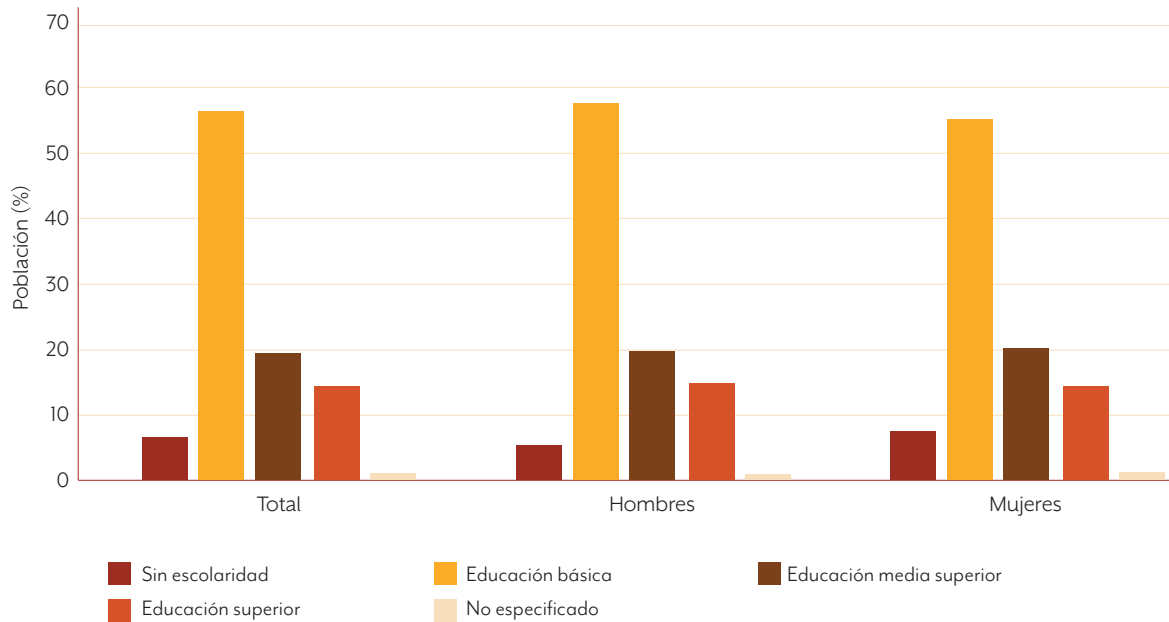


Figura 7. Porcentaje de población por nivel educativo. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015b.

la contaminación de los alimentos por microorganismos patógenos, entre otros.

Educación

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) señala que alrededor de 1.2% de los jóvenes de 15 a 24 años es analfabeto, y el valor aumenta a 11.4% para la población de 25 años y más (INEGI 2015b). Entre la población de Hidalgo mayor a 15 años, 6.7% no cuenta con ningún grado de escolaridad, mientras que 56.9% ha pasado por escolaridad básica. Por otro lado, 20.3% de la población tiene estudios medios superiores y 14.9% estudios superiores (figura 7).

Por sexo, destaca que 7.8% de las mujeres no tiene escolaridad en comparación con 5.5% de los hombres. Poco más de 58% de los hombres cuenta con educación básica, en tanto el porcentaje de las mujeres es de casi 56%. Esta sutil diferencia también se observa en la educación superior, pues 14.8% de las mujeres cuenta con estudios superiores, mientras que el porcentaje de hombres con estudios de este nivel es de 15.1%. A grandes rasgos, no existen importantes diferencias por sexo, lo cual se puede

observar en el grado promedio de escolaridad: 8.81 años para los varones y 8.63 para las mujeres.

Actividad económica y ocupación

En 2015, el producto estatal fue de más de 251 millones de pesos constantes y aportó 1.53% del producto interno bruto (PIB) nacional, por lo que se ubicó en el lugar 21 en comparación con el resto de las entidades federativas. La economía de la entidad se basa principalmente en las actividades del sector terciario que representaron 61.64% del total, con una presencia importante del comercio al por mayor y al por menor, de los servicios de transportes, correos y almacenamiento, así como de los servicios inmobiliarios (INEGI 2018).

El sector secundario tuvo una aportación de 31.09% que se distribuyó en varias de las ramas y subramas que lo componen. La actividad minera fue 6.25% del total del PIB de Hidalgo, dentro de la que predomina la producción de petróleo y gas. Otras actividades con un peso importante en este sector fueron la industria alimentaria, la fabricación de equipo de transporte y la industria química (INEGI 2018). Por último, 3.17% del PIB proviene de las actividades

Cuadro 3. Principales indicadores sobre ocupación en 2015.

Indicador	Hombre	Mujer	Total
Tasa específica de actividad	74.3	41.4	56.7
Tasa de ocupación	96.3	95.4	96.0
Tasa de desocupación	3.7	4.6	4.0
Porcentaje de ocupados que ganan hasta 2 salarios mínimos	51.4	67.7	57.7
Tasa de ocupación en el sector informal	32.2	39.8	35.2

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015c.

relacionadas con el sector primario, la mayor parte agricultura y ganadería. El resto de las actividades, como el aprovechamiento forestal y la pesca, representan una proporción muy pequeña dentro del PIB total de la entidad (INEGI 2018).

En cuanto a los indicadores sobre mercado de trabajo, se estima que el total de la población en edad de trabajar (es decir, de 15 años o más) durante el segundo trimestre de 2015 fue de aproximadamente 2 045 000 personas. De éstas, sólo 74.3% de los hombres y 41.4% de las mujeres participaron el mercado de trabajo, en tanto que la tasa de desocupación para los primeros fue de 3.7% y 4.6% para las segundas (cuadro 3). Con respecto a las condiciones laborales se pudo observar que 57.7% del total de los trabajadores tienen remuneraciones menores o iguales a dos salarios mínimos,⁶ situación que afecta en mayor medida a las mujeres. La tasa de ocupación en el sector informal para los trabajadores hidalguenses se ubicó en 35.2%, siendo el valor para las mujeres de 39.8% y para los hombres de 32.2%.

Pobreza y marginación

En México, cada dos años a nivel estatal y cada cinco años a escala municipal, el Consejo Nacional de la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) es el responsable de establecer los lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza. Por su parte, CONAPO mide el grado de marginación, considerando nueve indicadores porcentuales: 1) los ocupantes en viviendas sin agua entubada;

2) los que no tienen excusado ni drenaje; 3) los que tienen piso de tierra; 4) los que no tienen energía eléctrica; 5) los que tienen nivel de hacinamiento; 6) la población analfabeta de 15 años o más; 7) la que tiene primaria incompleta; 8) la población que reside en localidades menores a 5 000 habitantes; y finalmente 9) la población ocupada con ingresos de hasta dos salarios mínimos. La medición multidimensional de la pobreza y el índice de marginación son indicadores complementarios entre sí. El primero establece umbrales (línea de pobreza, necesidades insatisfechas), bajo las cuales se identifica a las personas en esta condición. El segundo enfatiza la cuestión territorial e ilustra las carencias sociales y de la vivienda.

La pobreza

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la pobreza tiene que incluir en su medición las carencias en educación y en sanidad. Lo común es definirla con base en una línea de ingresos. En ese objetivo, en México, el Comité Técnico para la Medición de la Pobreza (CTMP 2002) la clasifica en tres tipos: extrema o alimentaria, de capacidades, y de patrimonio. En referencia al primer tipo, el Banco Mundial (2013) establece como umbral mínimo de pobreza extrema a quien gana menos de dos dólares al día, ya que este ingreso es insuficiente para garantizar la alimentación. En el país, en 2016 había 9.4 millones de personas en condición de pobreza extrema (7.6%). En Hidalgo, 234 mil personas se encontraban en esa situación (8%). La entidad destaca entre las 8 demarcaciones con más pobres extremos

⁶ Se tomó como base el salario mínimo de la zona geográfica "A", que para 2015 fue de 70.10 pesos diarios.

Cuadro 4. Entidades con mayor cantidad de población en algún estado de pobreza en 2010.

Nivel de pobreza	Entidades
Alto	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla
Moderado	Michoacán, Tabasco, Hidalgo, Morelos, Zacatecas, Estado de México, San Luis Potosí, Campeche, Tlaxcala, Guanajuato, Yucatán, Nayarit, Durango, Colima, Jalisco, Tamaulipas, Sinaloa, Chihuahua, Querétaro, Aguascalientes, Quintana Roo, Sonora
Bajo	Ciudad de México, Coahuila, Baja California Sur, Baja California, Nuevo León

Fuente: elaboración propia con datos de CONEVAL 2016.

del país (cuadro 4), sólo detrás de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla, Michoacán y Tabasco (CONEVAL 2016).

Marginación

En 2000, de acuerdo con el CONAPO (2000), había 2 953 localidades dentro de Hidalgo con muy alto y alto grado de marginación (77%). Se trata de los primeros datos de este indicador a nivel localidad. Las cifras se mantuvieron para 2010, cuando se contaron 3 052 localidades con muy alto y alto grado de marginación en Hidalgo (77% del total; CONAPO 2010). Este indicador sugiere que no hay avances significativos en la disminución de este tipo de desventaja transcurrida una década, se mantienen las carencias en el bienestar de la población residente en el territorio de mayor atraso social, pese a la inversión pública aplicada, preferentemente para auspiciar pisos de cemento a las viviendas (cuadro 5).

Con base en el estancamiento en los niveles de marginación es posible notar que, al paso del tiempo, este indicador –el de mayor atraso social de la entidad– transita muy lento en la búsqueda de la igualdad entre los ciudadanos. La pobreza y la marginación son dos de los problemas mundiales prioritarios a los que la sociedad se está enfrentando. El interés por reducir ambos fenómenos viene de lección aprendida, partiendo de la situación mundial actual y de la experiencia de diversas civilizaciones antiguas (p.e. sumerios, egipcios, aztecas, mayas), cuya distinción común en el tiempo ha sido la pobreza (Ponting 1990).

Fecundidad

La fecundidad en Hidalgo ha mantenido una tendencia ininterrumpida hacia la disminución desde 1970 y hasta 2014, fecha del último registro confiable en la actualidad. Si bien el descenso generalizado de la fecundidad en la entidad presentó un retraso de aproximadamente cinco años respecto al promedio nacional, a partir de fines de la década de los ochenta, tienden a converger y desde entonces sus tasas globales de fecundidad son muy similares. Para Hidalgo, los niveles alcanzados en 2014 fueron de 2.15 hijos por mujer, lo que revela niveles apenas superiores al nivel de reemplazo (2.1 hijos por mujer); es decir, el número de hijos que reemplazarían a sus padres en la edad reproductiva (cuadro 6).

Pareciera que la preferencia por tener dos hijos como descendencia final entre las parejas se ha extendido en sectores más amplios de la población, gracias al uso de métodos de planificación familiar gratuitos y accesibles. En 2014, la tasa de fecundidad en la adolescencia (de 15 a 19 años), fue de 57.7 nacimientos por cada mil mujeres en el estado, muy similar a la registrada a nivel nacional para ese mismo año: 58.7. Las tasas específicas de fecundidad muestran que el intervalo de edad más común en el que las mujeres hidalguenses tienen a sus hijos es de 20-24 años. A partir de los 25-29 años las tasas específicas de fecundidad comienzan a disminuir hasta llegar casi a cero a los 45-49 años (figura 8). Este comportamiento también es muy similar al que presentó el promedio nacional en 2014.

Cuadro 5. Municipios con mayor grado e índice de marginación en 2015.

Municipio	Grado	Índice
Huehuetla	Muy alto	1.48
Yahualica	Muy alto	1.36
Xochiatipan	Muy alto	1.29
Tepehuacán de Guerrero	Alto	1.22
San Bartolo Tutotepec	Alto	1.20
La Misión	Alto	1.03
Tianguistengo	Alto	0.95
Pisaflores	Alto	0.69
Acaxochitlán	Alto	0.66
Tlanchinol	Alto	0.59
Lolotla	Alto	0.56
Atlapexco	Alto	0.48
Huazalingo	Alto	0.44
Calnali	Alto	0.38
Huahutla	Alto	0.38
Pacula	Alto	0.38
Tenango de Doria	Alto	0.35
Tlahuiltepa	Alto	0.33
Nicolás Flores	Alto	0.32
Metztlán	Alto	0.31
Chapulhuacán	Alto	0.28
Chapantongo	Alto	0.27
San Felipe Orizatlán	Alto	0.16
Agua Blanca de Iturbide	Alto	0.14
Jacala de Ledezma	Alto	0.11
Acatlán	Alto	0.08
Mineral del Chico	Alto	0.08

Fuente: elaboración propia con datos de CONAPO 2015.

Cuadro 6. Comparativo de tasas globales de fecundidad.

Año	Hidalgo	Nacional
1996	3.15	3.15
1999	2.9	2.78
2009	2.33	2.36
2014	2.15	2.21

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015b.

Conclusiones y recomendaciones

Durante el último cuarto del siglo XVIII, Thomas Malthus sostuvo que la población tiende a crecer en progresión geométrica mientras la producción de alimentos tiende a crecer en progresión aritmética. Desde entonces, el volumen de la población ha sido evaluado como factor básico en los análisis que relacionan la intensidad de la fecundidad a situaciones de escasez (Hogan 2000). Los seguidores de Malthus asimilaban sus supuestos y propusieron soluciones para las cuestiones de pobreza y degradación ambiental a partir del control de la fecundidad (Madeira 2008). Desde este enfoque, se relaciona el ritmo de crecimiento de la población con la capacidad de soporte del planeta (De Oliveira 1985).

Es indudable que el aumento cuantitativo de la población incide en la demanda de servicios públicos, en la competencia por mejores condiciones socioeconómicas, intensificando también la presión sobre los recursos naturales. Sin embargo, este neomalthusianismo ecologizado (Hogan 1986) ignora el hecho de que el impacto de la población humana sobre el ambiente depende de otras variables, relacionadas a las intervenciones productivas, tecnológicas y culturales (Hunter 2000), a través de las cuales se induce a una sobreexplotación de la naturaleza y a procesos de contaminación ambiental, en un balance que establece como resultado la capacidad o incapacidad de sustentación de un determinado ecosistema (Leff 1998). Ante lo mencionado, se concluye que la inversión en una planeación territorial eficiente, por ejemplo, tendería a mejores resultados que el control de la fecundidad, sobre todo porque la propia dinámica social impacta en la disminución del número promedio de hijos nacidos vivos por mujer.

La revisión de las características demográficas de Hidalgo muestra tres tendencias demográficas relevantes: 1) el inicio de un proceso de envejecimiento poblacional; 2) una presencia importante de población indígena y; 3) la permanencia de pobreza multidimensional y marginación. Una de las cuestiones a dilucidar es el impacto que tienen estas características demográficas con la biodiversidad. Con relación a la dinámica de envejecimiento poblacional, se puede decir que se espera una pérdida de conocimientos tradicionales con la extinción

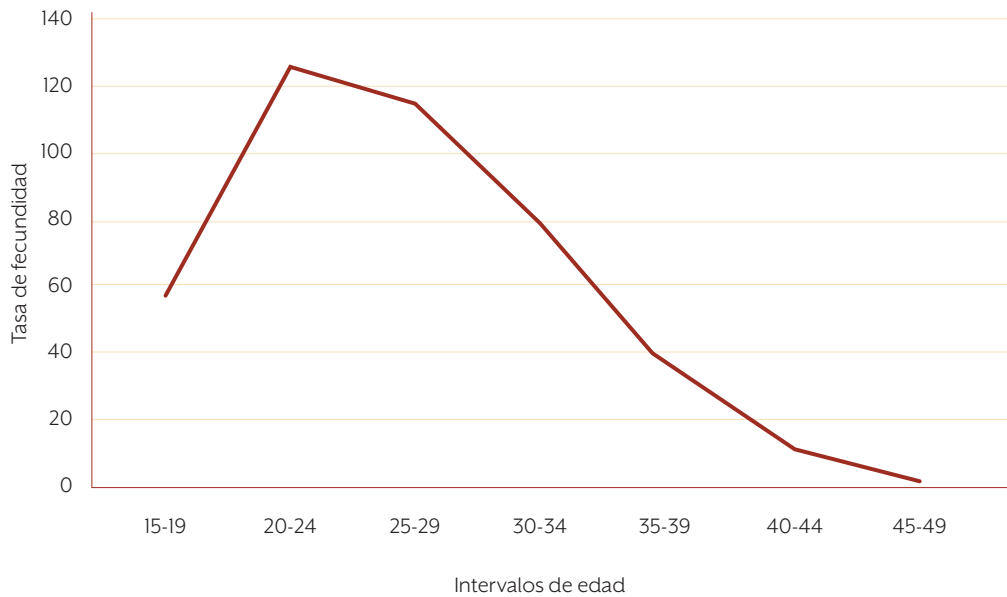


Figura 8. Tasas específicas de fecundidad en Hidalgo en 2014. La tasa indica el número de nacimientos por cada mil mujeres. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2015b.

de las cohortes más antiguas, justamente por el entendimiento que tienen acerca de las interacciones existentes entre cultura y entorno natural, y entre los elementos bióticos y abióticos que componen los ecosistemas.

La población indígena en Hidalgo es de suma importancia, porque los pueblos indígenas han sido reconocidos como sujetos sociales centrales para la conservación y el desarrollo sustentable (Boegue 2010). Una estrategia de conservación de la biodiversidad en Hidalgo deberá considerar la diversidad cultural de la entidad y la aportación de la población indígena relacionada con sus conocimientos y saberes agrícolas.

Otro elemento prevaleciente en Hidalgo es la pobreza y la marginación, localizado sobre todo en las regiones indígenas; por ello, el camino a seguir es la mejoría de las condiciones socioeconómicas

y educativas de la población para ayudar a la conservación de los ecosistemas en el estado. En el futuro se sugiere investigar de manera especial la riqueza biótica en las regiones en pobreza y de muy alta y alta marginación, en el sentido de partir de un inventario actualizado de tales recursos para intentar preservarlos para las generaciones venideras. Con ello se podría hacer partícipe a la población humana que reside en este contexto, para que pueda acceder a los beneficios económicos con la creación de oportunidades alineadas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad. Finalmente, las transformaciones ambientales que han estado inquietando a México plasman un desafío para la educación. Este reto consiste en cambiar y mejorar los procesos educativos ambientales, a fin de inculcar nuevos valores y actitudes en favor de la conservación de la biósfera.

Referencias

Banco Mundial. 2013. *Entendiendo la pobreza*. En: <<http://www.bancomundial.org/es/topic/poverty/overview>>, última consulta: 20 de agosto de 2018.

Boegue, E. 2010. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas*

de México. *Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*. INAH/CDI, México.

CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2000. *Índices de marginación*. En: <<http://www.conapo.gob.mx/work/models/>

- CONAPO/indices_marginal/marg_local/docprincipal.pdf>, última consulta: 20 de agosto de 2018.
- _____. 2010. *Índices de marginación*. En: <http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010>, última consulta: 20 de agosto de 2018.
- _____. 2012. *Índices de Intensidad Migratoria México-Estados Unidos 2010*. En: <http://www.conapo.gob.mx/swb/CONAPO/Indices_de_intensidad_migratoria_Mexico-Estados_Unidos_2010>, última consulta: 12 de diciembre de 2014.
- _____. 2015. *Índices de marginación*. En: <<https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>>, última consulta: 20 de agosto de 2018.
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2016. *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*. En: <https://www.coneval.org.mx/Medicion/PublishingImages/Pobreza_2008-2016/medicion-pobreza-entidades-federativas-2016.JPG>, última consulta: 20 de agosto de 2018.
- CTMP. Comité Técnico para la Medición de la Pobreza. 2002. *Medición de la pobreza: variantes metodológicas y estimación preliminar*, México. SEDESOL, México.
- De Oliveira, F. 1985. Malthus e Marx: falso encanto e dificuldade radical. *Textos NEPO* 4:3-26.
- Hogan, D.J. 1986. População e meio ambiente. *Textos NEPO* 16:1-73.
- _____. 2000. A relação entre população e ambiente: desafios para a demografia. En: *População e meio ambiente: debates e desafios*. H. Torres y H. Costa (eds.). Senac, São Paulo, pp. 21-52.
- Hunter, L.M. 2000. *The environmental implications of population dynamics*. Rand Corporation, Estados Unidos.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. *XI Censo general de Población y Vivienda 1990*. INEGI, México.
- _____. 1995. *Conteo de Población y Vivienda 1995*. INEGI, México.
- _____. 2000. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. INEGI, México.
- _____. 2005. *II Conteo de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 2010. *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI, México.
- _____. 2015a. *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) 2014*. En: <<https://www.inegi.org.mx/programas/enadid/2014/>>, última consulta: 10 de febrero de 2018.
- _____. 2015b. *Encuesta Intercensal 2015*. INEGI, México.
- _____. 2015c. *Encuestas en Hogares: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 14 años y más de edad*. En: <<https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/14ymas/>>, última consulta: 10 de diciembre de 2017.
- _____. 2016. *Estadísticas de mortalidad*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/vitales/mortalidad/tabulados/ConsultaMortalidad.asp>>, última consulta: 10 de febrero de 2018.
- _____. 2018. *Banco de Información Económica*. En: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>>, última consulta: 8 de enero de 2018.
- Leff, E. 1998. Demografía y ambiente. En: *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. E. Leff. Siglo XXI, México, pp. 51-61.
- Madeira, J.L. 2008. Malthus, Marx e o papel da população no desenvolvimento econômico. En: *Lira Madeira, um mestre da Demografia brasileira*. N. de Castro Senra, (coord.). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, pp. 32-43.
- Ponting, C. 1990. *A new green history of the world: the environment and the collapse of great civilizations*. Random House, Londres.



Importancia ecológica y cultural de los cerros: el caso del Zempoaltépetl

Sergio Sánchez Vázquez

Introducción

Las elevaciones del paisaje (p.e. cerros, montañas, volcanes, sierras, cordilleras) son elementos naturales de gran importancia para la vida del ser humano. Desde la antigüedad, el ser humano ha aprovechado la biodiversidad (flora y fauna), y los recursos naturales (suelo cultivable, madera, minerales y agua) que las elevaciones ofrecen, para su subsistencia y desarrollo. Sin embargo, en los últimos años, tales elevaciones han sufrido un acelerado deterioro ecológico debido a diversos factores. Uno de ellos, quizás el más violento, es la minería a cielo abierto (también conocida como a tajo abierto), que hace referencia a toda actividad realizada para extraer cualquier tipo de mineral, especialmente los que se encuentran en capas superficiales; la minería a cielo abierto quita completamente el recubrimiento y extrae el material útil. Es una actividad que abarca superficies extensas: además de la mina en sí, incluye escombreras, que llegan a tener grandes dimensiones. A ello se suman los vertederos para residuos del procesamiento. También produce una alteración significativa y permanente del suelo, ya que tiene el doble efecto de eliminar sus capas superiores (extracción) y de cubrirlas en otros lugares (establecimiento de escombreras; Bellotti 2011).

En Hidalgo, la minería ha sido una actividad económica trascendente desde la época prehispánica (minas de obsidiana y cinabrio), la época virreinal (minas de plata) y el México independiente (minas de plata y manganeso) hasta la actualidad (minas de

cal, tepetate, cantera, arena y tezontle). Tal actividad ha dejado su rastro, tanto en la sociedad como en el paisaje, en forma de socavones, jales y tajos. Pero es en tiempos recientes cuando la minería a cielo abierto –tanto de minerales (como el manganeso) como de materiales para construcción (particularmente arena)– se ha intensificado de manera considerable (obs. pers.), hasta alcanzar niveles de extracción que parecieran insostenibles. El caso del cerro Zempoaltépetl (en náhuatl, cerro del veinte o veinte cerros) es paradigmático en este sentido.

Este fenómeno, producto del desarrollo de políticas económicas neoliberales, se manifiesta en México como otro de los efectos de la modificación del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que ha permitido la venta de tierras ejidales para, entre otras cosas, destinarlas a la construcción de viviendas y la extracción de materiales para la construcción. Basta recorrer el territorio de la entidad para observar este fenómeno como un simple habitante; no se necesita ser un experto. Como consecuencia directa, las actividades mineras han ido en aumento y con ello la modificación del paisaje, dando lugar a “heridas de la tierra”, expresión que hace alusión a las marcas que dejan en el paisaje las minas durante el proceso de explotación. Las consecuencias de este tipo de explotación son irreparables para el ser humano y su entorno ambiental, pues la degradación ecológica que resulta de esta práctica es irreversible, sumando sus efectos al problema del cambio climático y la pérdida de biodiversidad, no sólo en la entidad y el país, sino en el mundo.

Sánchez Vázquez, S. 2021. Importancia ecológica y cultural de los cerros: el caso del Zempoaltépetl. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 105-110.

Importancia ecológica y cultural de las montañas

Algunos de los retos más apremiantes para lograr un desarrollo sostenible en materia de políticas públicas están relacionados con las elevaciones del paisaje. Los cerros y las montañas tienen una importancia ecológica vital en el desarrollo de las comunidades: atraen la lluvia y concentran el agua, regulan el clima, funcionan como barrera contra el viento y ofrecen protección, abrigo e identidad territorial a las poblaciones. La variación de condiciones climáticas y edáficas se traduce en una gran complejidad biológica y de servicios ecosistémicos que, además de regular los procesos ambientales, brindan provisiones y facultan acciones culturales y de apoyo. Las montañas son “fuente original de muchos de los principales cultivos del mundo... reservas vitales de genes (por ejemplo, para la agricultura y las plantas de importancia farmacéutica, especies silvestres cercanas a los cultivos hortícolas y ornamentales de gran importancia)” (Egan y Price 2014:3). Además, muchas elevaciones y sus ecosistemas son centros de diversidad cultural y etnolingüística; algunas son consideradas como sitios sagrados. Igualmente, el turismo y la recreación son la base de las economías en muchas zonas montañosas en el mundo, por lo que su relevancia abarca “desde determinantes del clima global hasta su valor sagrado” (Devenish *et al.* 2012:12-13).

El valor sagrado de las montañas es crucial para entender los procesos históricos de los asentamientos humanos en México y en el mundo. En el país, desde la época prehispánica, además de considerar el aprovechamiento potencial de los recursos naturales y la posición estratégica del lugar, se tomaba en cuenta su connotación simbólica; muy en especial, la relación ritual con los cerros. La elección de los sitios idóneos para fundar un pueblo en territorio mesoamericano dependía de la relación ser humano-naturaleza, ser humano-divinidad y cerro-comunidad. Muchas de las elevaciones topográficas naturales han representado un elemento fundamental para el establecimiento de grupos sociales y su consolidación como entidad política.

En los sitios donde los cerros eran elementos dominantes del paisaje, la cercanía a ellos posibilitaba la manutención del grupo, pues se les veía, con justa razón, como proveedores del agua.

El término náhuatl *altépetl*, con que se designaba a los pueblos donde vivía la gente, denotaba la presencia de dos características: el agua y un cerro; ambas necesarias para la constitución de una comunidad o pueblo. El cerro, como elemento cosmogónico, refleja esa conexión: permite la formación de las nubes que provocan lluvias, tormentas y granizadas; el agua también llega a la superficie terrestre a través de manantiales que nacen en sus faldas y forman los ríos y arroyos que irán a juntarse con el mar. Bajo esta realidad socioambiental, los cerros otorgan la vida a los pueblos al proveerlos del agua necesaria para su subsistencia y por ello se les rindió culto; personificaban al dios Tláloc, a quien debía venerarse mediante sacrificios y ofrendas (Broda 1971). Hoy, el sentido ritual persiste, sólo que los “cerros Tláloc” se convirtieron en “cerros de la cruz” y ahora se ofician misas dedicadas a la Santa Cruz como peticiones de lluvia para la siembra, tradición estrechamente relacionada con el ciclo agrícola del maíz, fundamental para la subsistencia del sector campesino de los pueblos. Un ejemplo específico en el estado de estas relaciones rituales, económicas y ecológicas con los recursos que proveen los cerros se puede encontrar en Zempoala.

La pintura de Zempoala

Zempoala es un municipio con antecedentes prehispánicos y coloniales en relación con su biodiversidad. Por ejemplo, desde poco después de la Conquista, se tienen registros que destacan el conocimiento y aprovechamiento de la diversidad biológica de la región, y más concretamente, lo que corresponde a la flora y fauna del Zempoaltépetl. En diversas representaciones que datan de 1580,¹ se ilustran las plantas y animales representativos de la región, entre ellos pumas, lobos, coyotes, venados, aves y conejos, así como capulines, nopales (tunas) y magüeyes (figura 1; Acuña 1985).

¹ Estas representaciones corresponden a las obras conocidas como *Mapas de las Relaciones Geográficas de Cempoala*, mismas que se acompañan de textos descriptivos que buscan documentar el conocimiento del Virreinato de la Nueva España.

Entre las aproximaciones a la identificación de los animales representados en estas ilustraciones, se encuentran venados que posiblemente eran cola blanca (*Odocoileus virginianus*), considerando la distribución geográfica de las diversas razas y subespecies registradas en México (Mandujano *et al.* 2010); búhos del género *Bubo*, dadas sus características morfológicas (Peteriani y Delgado 2016); colibríes, probablemente garganta amatista (*Lampornis amethystinus*; Arizmendi y Berlanga 2014); y conejos de la especie *Sylvilagus audobonii* (Fernández *et al.* 2015). Otras especies que se identifican son el zorrillo *Mephitis macroura* y la víbora de cascabel, tal vez la especie *Crotalus polystictus*, reportada en las intermediaciones de Tizayuca, Tezontepec, Zempoala y Tlanalapa (Valencia Hernández 2006).

Pérdida de biodiversidad en el Zempoaltépetl por la explotación minera

Pumas, lobos, coyotes y venados son especies sin registro de presencia reciente en la región de Zempoala y Epazoyuca. Los búhos son animales en peligro de extinción (Peteriani y Delgado 2016); la reducción de recursos alimenticios, como consecuencia de alteraciones en sus hábitats naturales, representa un importante factor de amenaza a nivel local. Lo mismo ocurre con algunas liebres y conejos: una distribución cada vez más restringida los hace candidatos de estudio con la finalidad de conservarlos, protegerlos y establecer estrategias de aprovechamiento (Fernández *et al.* 2015).

De igual manera, hay una merma en las poblaciones de colibríes, zorrillos, codornices y víboras de cascabel; aunque los guajolotes se conservan como especie doméstica. Es posible que existan muchas especies endémicas en peligro de extinción, por lo menos a nivel regional, como los tlaquaches, cacomixtles, tuzas, ratones de campo, una gran cantidad de aves y reptiles menores, entre ellos lagartijas y camaleones, sin contar insectos y arácnidos. La flora corre la misma suerte; la



Figura 1. El Zempoaltépetl, detalle del Mapa de la Relación de Cempoala, 1580. Fuente: Benson Latin American Collection, Universidad de Texas.

vegetación persistente en la región son las palmas (izotes) y las nopaleras de tuna roja (taponá), ya que el maguey pulquero (*Agave salmiana*), se encuentra en peligro por su utilización intensiva (Senado de la República 2018).² Esta pérdida de especies se asocia, entre otras cosas, con la degradación ecológica, y se ha agravado de manera alarmante por la actividad minera a cielo abierto. En el cerro Zempoaltépetl la extracción de materiales para construcción (arena azul) ha alcanzado niveles de gran magnitud (figura 2), y se desarrolla de manera intensiva desde hace varios años, con impactos irreversibles en la región, entre ellos la consecuente afectación a la biodiversidad, lo que es evidente al observar la degradación de las faldas del cerro, fenómeno fácilmente identificable a partir del año 2012. Sin embargo, hasta el momento no hay estudios del impacto ambiental de la minería a cielo abierto a nivel regional, que permitan estimar los niveles de afectación de la biodiversidad en el Zempoaltépetl.

² El maguey *A. salmiana* tuvo gran importancia económica en el siglo xix por la producción pulquera, pero su demanda disminuyó y su siembra ha decrecido. A ello se suman usos sin regulación, como el culinario: utilización de pencas para barbacoa, cutícula de maguey para mixiotes y consumo de gualumbos (flor del maguey), haciendo cada vez más difícil la reproducción de esta especie.



Figura 2. Minas a cielo abierto para extracción de arena azul en el Zempoaltépetl en 2017. Fotos: Sergio Sánchez.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

2010



2019



Figura 3. Comparativo de las minas de arena en el Zempoaltépetl. Fotos: Google Earth, Maxar Technologies.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El Zempoaltépetl está formado por varias elevaciones, de las cuales por lo menos tres se han perdido o están por perderse debido a la explotación minera a tajo abierto (obs. pers.). A simple vista, se detectan siete minas ubicadas alrededor del cerro, mismas que han desbastado más de la mitad de algunas de estas elevaciones. Al realizar un comparativo de vistas aéreas es posible identificar el aumento en la magnitud de los socavones generados por esta actividad (figura 3).

Conclusiones

Si bien es cierto que el desarrollo económico permite la supervivencia y reproducción de la especie humana, este tipo de aprovechamientos tienen efectos irreversibles en la integridad de los ecosistemas. La explotación irracional de los recursos que aquí se presenta ocurre también en muchas otras regiones del mundo y afecta a todos los seres vivos que ahí habitan.

El panorama hacia el futuro no es alentador. La pérdida de un cerro condena a su entorno a un proceso de desertificación en el que la vida animal y vegetal no puede prosperar, con la consecuente afectación del bienestar humano. Al parecer, el

modelo de desarrollo económico actual conduce irremediamente a un desastre ecológico, demográfico, e incluso social.

Este panorama apocalíptico podría tener remedio, a pesar de que gran parte del daño es irreversible. Ante todo, se requiere de la acción conjunta de autoridades competentes y comprometidas, de los pobladores de la región y de la comunidad académica. En primer lugar, hace falta el desarrollo de investigaciones más específicas sobre el deterioro ambiental y la afectación a la biodiversidad que están ocurriendo en el Zempoaltépetl. Por otro lado, la organización social de la población para implementar medios adecuados de denuncia ciudadana, sería muy importante. Pero, sobre todo, es imprescindible la intervención de las autoridades para frenar la explotación intensiva de las compañías mineras, y al mismo tiempo implementar, en conjunto con instituciones de investigación y educativas, estrategias de rehabilitación ecológica y compensación ambiental en la región. Sirva este trabajo como una alerta que permita, no sólo detener o por lo menos desacelerar, sino incluso revertir, el proceso de deterioro ambiental y su consecuente afectación a la biodiversidad, antes de que las “heridas de la tierra” se vuelvan mortales.

Referencias

- Acuña, R. 1985. Relación de Zempoala, Epazoyucan y Tetlitzaca. En: *Relaciones Geográficas del Siglo XVI: México*. R. Acuña (ed.). Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, México, pp. 67-96.
- Arizmendi, M.C. y H. Berlanga. 2014. *Colibríes de México y Norteamérica*. CONABIO, México.
- Bellotti, M.L. 2011. *Minería a cielo abierto versus glaciares en alerta roja en Argentina*. En: <http://amsacta.unibo.it/3085/1/Miner%C3%ADa_a_cielo_abierto.pdf>, última consulta: octubre de 2019.
- Broda, J. 1971. Las fiestas aztecas de los dioses de la lluvia. *Revista Española de Antropología Americana* 6:245-328.
- Devenish, C., R. Hofstede y M. Saravia. 2012. Las montañas en nuestro lugar: la importancia de las montañas para el desarrollo sostenible antes y después de Rio+20. *Revista Virtual REDESMA* 6(1):12-18.
- Egan, P.A. y M.F. Price. 2014. *Las montañas como torres de agua del mundo: protegiendo el agua y los servicios ecosistémicos de montaña ante el cambio climático*. UNESCO, Paris.
- Fernández, J.A., F.A. Quiñones Cisneros, F.A. Cervantes y A. Melgosa Castillo. 2015. Conejos y liebres silvestres de México. *Biodiversitas* 123:7-11.
- Mandujano, R.S., T.J. Pérez, L.A. Escobedo et al. 2010. *Venados: animales de los dioses*. Secretaría de Educación de Veracruz, México.
- Penteriani, V. y M.M. Delgado. 2016. *Búho real - Bubo bubo*. En: <<http://www.vertebradosibericos.org/>>, última consulta: agosto de 2019.
- Senado de la República. 2018. *Gaceta del Senado LXIII/3SPO-77/78751*. En: <http://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/78751>, última consulta: noviembre de 2019.
- Valencia Hernández, A. 2006. *Taxonomía y distribución del género Crotalus (Linneo, 1758) en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.



Crecimiento urbano e impacto en los ecosistemas en tres zonas metropolitanas

Raúl Rodarte García y Emmanuel Galindo Escamilla

El crecimiento urbano *versus* la conservación de la naturaleza

El sistema capitalista basa su crecimiento principalmente en la producción industrial y el consumo; para que estas variables sean rentables, es necesario que la población se concentre cerca de las industrias. Esto permite que los pobladores estén cerca de sus áreas laborales y provoca que el costo del consumo sea menor. Así, desde el siglo XVI las ciudades han crecido exponencialmente tanto superficial como poblacionalmente, a costa de su entorno natural. Es así que más de 75% de la población mundial vive, trabaja y se reproduce en entornos urbanos (Aguilar 2003). En México, desde 1985, las ciudades han crecido con promedios de más de 100% en menos de 20 años (Aguilar 2003). Esto ha implicado la destrucción de cientos de hectáreas de ecosistemas que tal vez nunca se valoraron en su importancia natural. En el país, tan sólo en 2016 se perdieron 253 mil hectáreas de bosques y selvas, lo que significa que casi se triplicó la deforestación del periodo 2010-2015 (Enciso 2018).

Hidalgo no ha escapado a este fenómeno: las tasas de crecimiento poblacional se ubican aproximadamente en 28% anual durante los últimos 35 años, y para el periodo entre 1970 y 2015 la población pasó de 1 193 845 a 2 858 359 habitantes. Este crecimiento corresponde principalmente a sus tres áreas metropolitanas: Pachuca, Tulancingo y Tula (INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015).

Zona metropolitana de Pachuca

La zona metropolitana de Pachuca se localiza al sur del estado en una zona de pie de monte que tiene un clima seco/semiseco. Está conformada por los municipios Pachuca, Mineral de la Reforma y San Agustín Tlaxiaca, así como por porciones de los municipios Epazoyucan y Zempoala. La superficie actual de esta zona metropolitana es de 34.1 km² (figura 1). Cabe mencionar que entre 1983 y 2015 aumentó en 15 km²; es decir, su superficie aumentó alrededor de 50% (Rodarte y Galindo 2016). En cuanto al crecimiento de la población, en poco más de cuarenta años, Pachuca y su zona metropolitana aumentaron en más de 386 mil habitantes, equivalente a un crecimiento mayor a 300% (cuadro 1; INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015).

Es relevante destacar que en esta zona metropolitana el desarrollo urbano ha crecido hacia el sur, ampliándose a zonas planas y de menor pendiente sobre suelos agrícolas de riego (suelos secos y pobres que en el mejor de los casos producían maíz y cebada de temporal). Asimismo, se puede identificar que las principales carreteras que enlazan a Pachuca constituyen, de alguna forma, los ejes de expansión urbana en esta zona.

Pachuca como fenómeno urbano se expande sobre la zona de transición entre el paisaje xerófilo (región Xerofítica mexicana) y el paisaje templado boscoso de la Sierra Madre Oriental (región Mesoamericana de montaña; Rzedowski 1978). En Pachuca

Rodarte García, R. y E. Galindo Escamilla. 2021. Crecimiento urbano e impacto en los ecosistemas en tres zonas metropolitanas. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 111-119.

Cuadro 1. Crecimiento poblacional en la zona metropolitana de Pachuca de 1970 a 2015.

Municipio	Año					
	1970	1980	1990	2000	2010	2015
Mineral de la Reforma	5 315	7 142	20 820	42 219	127 404	150 176
Pachuca de Soto	91 549	135 248	180 630	244 688	267 862	277 375
San Agustín Tlaxiaca	12 287	17 668	19 941	24 252	32 057	36 079
Zempoala	13 830	16 049	21 295	24 461	39 143	45 382
Total	122 981	176 107	242 686	335 620	466 466	509 012

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015.

y sus proximidades, el paisaje xérofilo se ubica principalmente en lomas y montañas situadas al norte de la zona metropolitana. No obstante, en las zonas agrícolas planas que pertenecen a este paisaje es difícil observar sus principales características debido al cambio de uso del suelo. En este paisaje se encuentran diversos tipos de biznagas, nopales, agaves, yucas, lechuguillas, cactus, mezquites y hui-zaches, entre otros (Gobierno del Estado 2001). En cuanto a especies animales que son afectadas por la expansión urbana se tienen zorras, tlacuaches, conejos teporingo, ardillas, serpientes cascabel, cencuates, techicolotes, lagartijas (negra y lince), tejónes, onzas, liebres, cacomixtles, zarigüeyas, zorrillos, cenizotes, dos variedades de colibrí y aguilillas, entre otras (Gobierno del Estado 2001).

Zona metropolitana de Tulancingo

La zona metropolitana de Tulancingo se ubica al sureste de la entidad, aproximadamente a 45 km de la capital estatal y a 90 km de la Ciudad de México. Se conforma por cuatro municipios (Tulancingo, Cuauhtémoc, Santiago Tulantepec y Acatlán), sobre una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental, el sistema montañoso Jhuingo y la sierra de las Navajas, esta última perteneciente a la Faja Volcánica Transmexicana. La mayor parte de su superficie se caracteriza por relieves planos y semiplanos.

En esta zona predomina el clima templado, producto de una altitud promedio de 2 300 msnm, aunque la planicie tiene un clima semiseco templado (BS_kw), con alta precipitación (INEGI 1992). En la

región de Tulancingo la pendiente, el clima y el tipo de roca han propiciado la formación de gran variedad de suelos, entre ellos Vertisol pélico, Feozem háplico, Planosol eútrico y Regosol (INEGI 1992). También se encuentran ríos como el Tulancingo, Grande y Metepec, que se convierten en el río Metztlán; y arroyos como El Volador, que continúa con el nombre de San Lorenzo, al que se le une el arroyo Ahualtongo. Todos estos cuerpos de agua crean un paisaje siempre verde.

Aquí, la población se triplicó en el transcurso de 45 años, pasando de 89 998 habitantes en 1970 a 277 706 en 2015 (cuadro 2). Dos municipios concentraron la mayor parte del crecimiento demográfico: Cuauhtémoc y Tulancingo. Por su parte, la superficie urbana se quintuplicó, al pasar de 9.2 km² en 1984 a 45.27 km² en 2017 (figura 2; INEGI 1984, 2018). Esa cifra involucra la conversión de superficie de vegetación natural a suelo urbano, lo que muestra el gran impacto que ha tenido el crecimiento de las ciudades, principalmente en el ecosistema boscoso de pino de la zona.

Esta zona, al igual que buena parte del estado, contiene diferentes tipos de vegetación como una consecuencia directa de un relieve montañoso y escarpado que alcanza altitudes superiores a 2 000 msnm. La zona se ubica en dos provincias florísticas, con sus respectivas características (Rzedowski 1978): la Sierra Madre Oriental (región Mesoamericana de montaña, reino Holártico) y la Altiplanicie (región Xerofítica mexicana, reino Neotropical). Las comunidades más visibles de la primera provincia son las de pino y pino-encino, formadas por géneros de pino (*Pinus*),

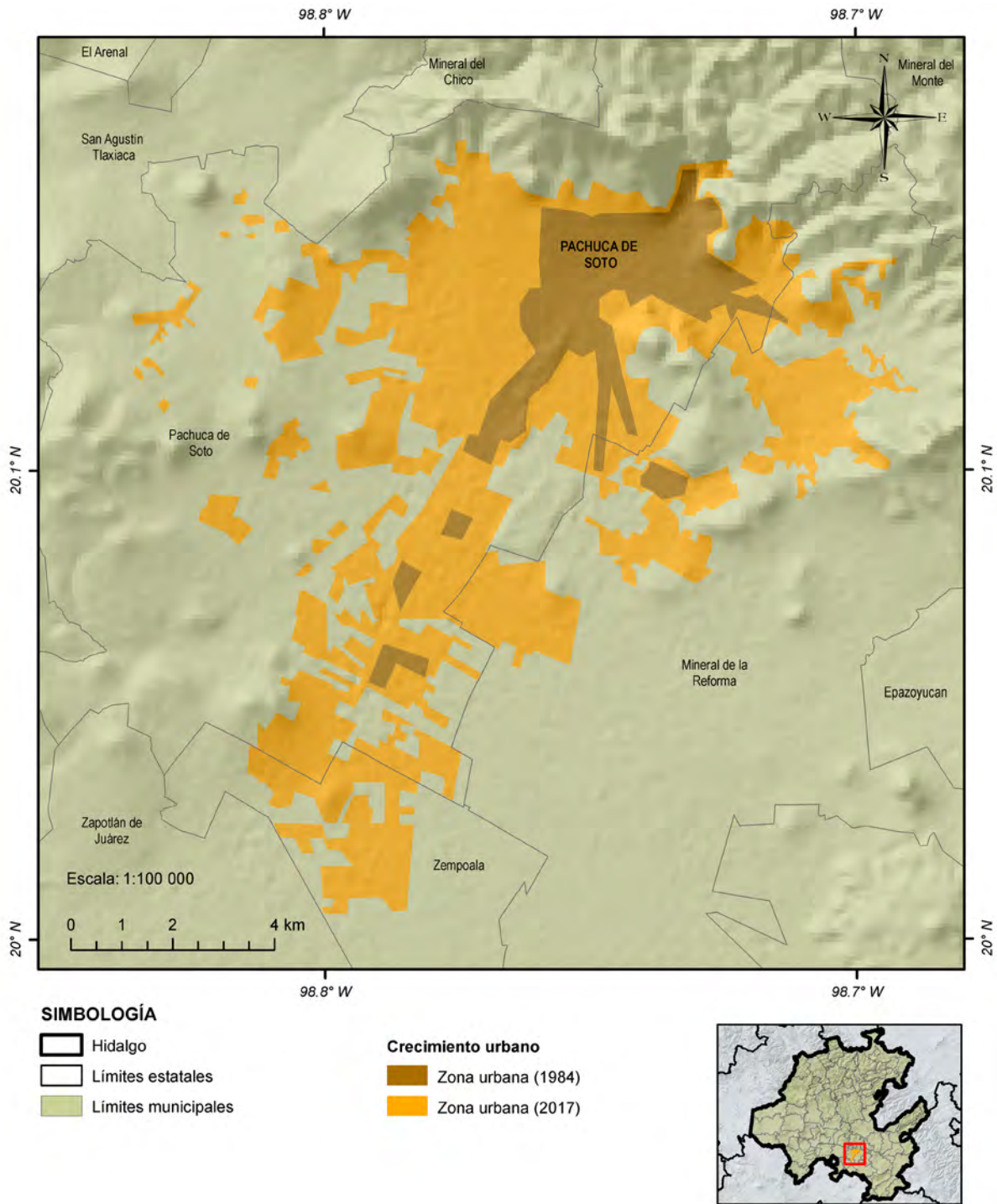


Figura 1. Crecimiento urbano de Pachuca y su zona metropolitana de 1984 a 2017. Fuente: INEGI 1984, 2018.

Cuadro 2. Crecimiento poblacional en la zona metropolitana de Tulancingo de 1970 a 2015.

Municipio	Año					
	1970	1980	1990	2000	2010	2015
Acatlán	10 078	13 513	16 404	18 619	20 077	21 044
Cuautepec de Hinojosa	25 206	30 535	36 519	45 110	54 500	58 301
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero	8 030	12 568	18 048	26 254	33 495	37 292
Tulancingo de Bravo	46 684	70 782	92 570	122 274	151 584	161 069
Total	89 998	127 398	163 541	212 257	259 656	277 706

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015.

oyamel (*Abies*), encino (*Quercus*) y enebro (*Juniperus*). La segunda provincia, la Altiplanicie, cuenta con vegetación xerófila y matorral crasicaule; en esta provincia se distinguen cerca de 68 géneros vegetales, donde predominan cactáceas y agaves, así como especies de los géneros *Dalea*, *Dasylirion*, *Fouquieria* y *Yucca*.

Al igual que el resto del país, la región ha sido deforestada, y en las partes libres de cultivos existe zacatal, aprovechado para la ganadería. Estas áreas forestales tienen especial valor ecológico, incluyendo la recarga de agua subterránea, filtración de aire, prevención de erosión del suelo y regulación de clima, y también son uno de los principales recursos recreativos para la población. Además, sus recursos maderables presentan un alto valor económico, por lo que la explotación forestal ha aumentado en la región de Tulancingo. Al comparar el mapa de uso del suelo de 1993 y una imagen de satélite obtenida en 2002, se observa que esta región perdió 27.2% de su superficie, al pasar de 833.59 km² a 607.05 km² (cálculos propios a partir de imágenes de satélite).

En las proximidades de la zona metropolitana de Tulancingo, la comunidad xerófila es difícil de observar y delimitar, debido a que la superficie plana y semiplana está cubierta con cultivos agrícolas en los que se utiliza riego, y cuyo exceso de humedad ha cambiado las características de la composición vegetal. También es posible encontrar matorral crasicaule, aunque solo se encuentra en el municipio de Acatlán y en el interior de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán.

Es precisamente por la cercanía a dicha reserva, que Tulancingo y sus proximidades conforman una

de las regiones de Hidalgo con más riqueza faunística. Destaca la presencia de 17 especies de anfibios, 46 de reptiles, 271 de aves y 60 de mamíferos (22 de ellas murciélagos y 19 roedores; CONANP 2003, Ortiz-Pulido *et al.* 2010). Algunas especies dentro de esta región se encuentran en alguna categoría de protección conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010), entre ellas la víbora de cascabel (*Crotalus atrox*), lagartija nocturna (*Lepidophyma sylvaticum*), gavilanes (*Accipiter cooperi*, *A. striatus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), murciélago trompudo (*Leptonycteris nivalis*) y tlacoyote (*Taxidea taxus*; CONANP 2003).

La barranca de Metztitlán es un gran hundimiento tectónico con paredes verticales que inicia en los municipios cercanos a Tulancingo, Agua Blanca y Metepec; de ahí se alimenta de las aguas de dos pequeños ríos: El Prieto y Metepec. En estos ríos se observa poca presencia de contaminantes urbanos e industriales, pero en la barranca se unen al río Tulancingo, que transporta aguas sucias de la mayor parte del valle y de la zona metropolitana de Tulancingo. A partir de dicha unión, conforman el río Metztitlán, cuyo nombre se asigna precisamente por su recorrido en la barranca de Metztitlán.

Se debe hacer un análisis detallado de los efectos de los contaminantes que transporta el río Metztitlán. Es natural pensar que la fauna acuática ha sido la más afectada y con ello ha disminuido el alimento para diversos organismos que se mantenían de ella. Igualmente, es de esperar que el impacto sea mayor en la laguna de Metztitlán, pues las sustancias contaminantes (líquidas y sólidas) que transportan los ríos afluentes se acumulan en la laguna, un cuerpo de agua estático. Las especies

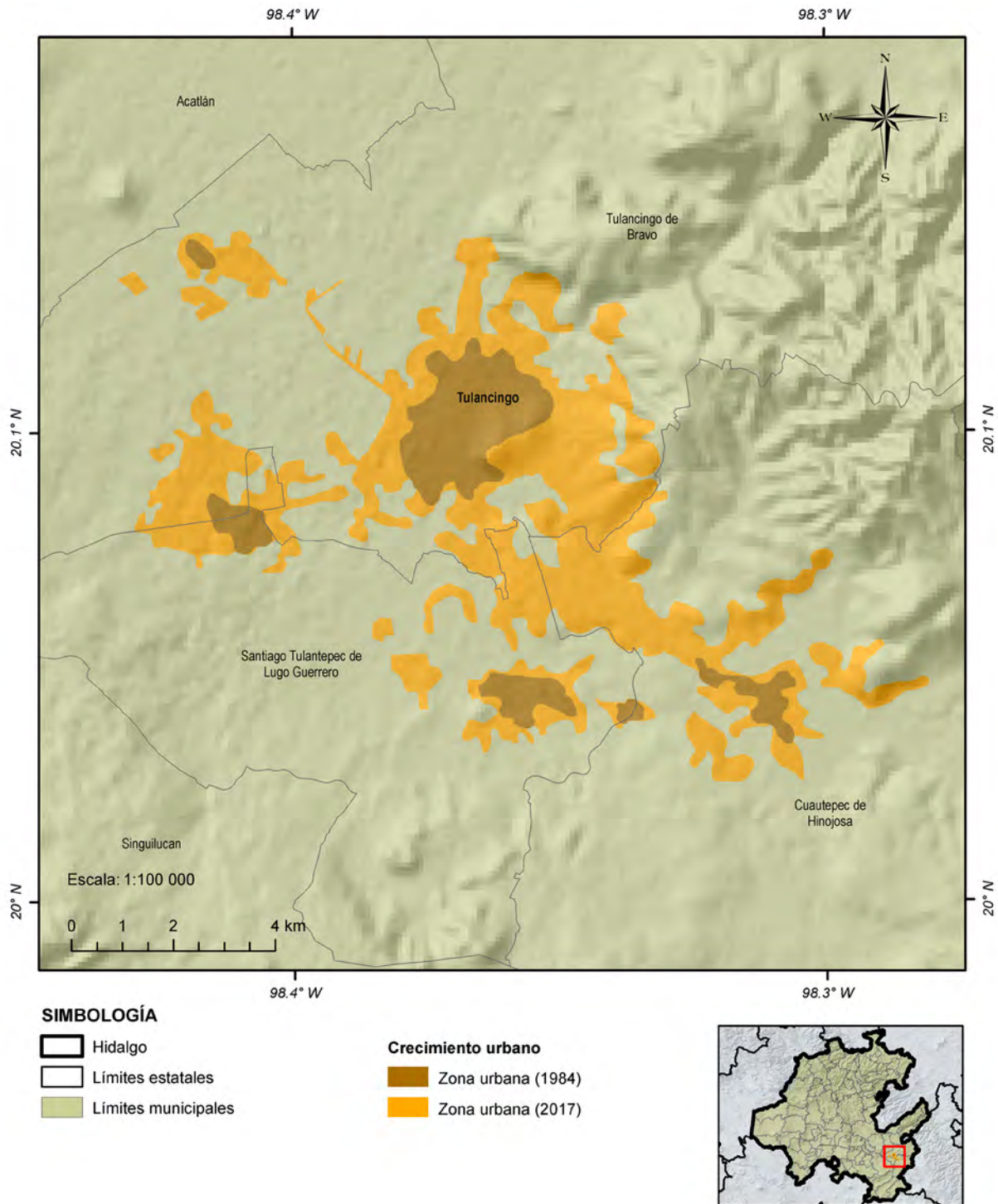


Figura 2. Crecimiento urbano de Tulancingo y su zona metropolitana de 1984 a 2017. Fuente: INEGI 1984, 2018.

Cuadro 3. Crecimiento poblacional en la zona metropolitana de Tula de 1970 a 2015.

Municipio	Año					
	1970	1980	1990	2000	2010	2015
Atitalaquia	7 147	10 384	17 626	21 636	26 904	29 683
Atotonilco de Tula	9 634	14 519	19 327	24 848	31 078	38 564
Tepeji del Río de Ocampo	24 139	37 777	51 199	31 221	80 612	87 442
Tula de Allende	38 685	57 604	73 713	86 840	103 919	109 093
Total	79 605	120 284	161 865	164 545	242 513	264 782

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015.

afectadas detectadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) incluyen a peces de las familias Poeciliidae, Cichlidae y Cyprinidae, así como los anfibios la rana manchada (*Lithobates spectabilis*), el sapo (*Incilus valliceps*), sapo de espuelas (*Spea hammondii multipticata*), la rana ladradora (*Craugastor augusti augusti*), la rana de árbol orejas chicas (*Rheohyla miotypanum*), y el zambullidor achiquiliche (*Phalacrocorax olivaceus*; CONANP 2003).

Zona metropolitana de Tula

La zona metropolitana de Tula está formada por los municipios Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeji del Río y Tula de Allende. Esta zona se localiza al suroeste del estado y se ubica dentro de un relieve irregular de montañas y mesetas, provocado por el tectonismo durante el Cuaternario. Parte de esta región está compuesta de un amplio valle fluvial por donde corre el río Tula, mismo que transporta aguas negras provenientes de la Ciudad de México (INEGI 1992). En la zona metropolitana de Tula se pueden ubicar dos climas. El primero y más extenso es el seco/semiseco, que se ubica en la zona plana y semiplana. Hacia el oeste de la zona se tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano; esto se debe a que el relieve está formado por montañas (de origen volcánico) que sirven de barrera para que se deposite la humedad en ellas y favorecen temperaturas medias anuales más bajas (INEGI 1992).

La zona metropolitana de Tula ha tenido un crecimiento poblacional muy acelerado, al pasar

de 79 605 personas en 1970, a 264 782 habitantes en 2015; es decir, se presentó un incremento de más de 200% (cuadro 3; INEGI 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2015). La superficie urbana ha crecido en la misma proporción: de 46.68 km² en 1984, a 105.26 km² en 2017 (figura 3). Tula y Tepeji del Río son ciudades que, pese a tener un desarrollo independiente, desde hace más de treinta años trabajan como un solo complejo urbano industrial. Tula ha sido históricamente una ciudad (si consideramos la zona arqueológica de Tula), pero su crecimiento se debe a la explotación y procesamiento del cemento y, posteriormente, a la instalación de la refinería de Petróleos Mexicanos. Todas estas actividades le han asegurado un crecimiento constante a la población. La ciudad de Tepeji del Río puede considerarse como una localidad urbana desde el siglo XIX, debido a que ahí se instaló la industria textil.

La vegetación natural afectada por la mancha urbana en la parte montañosa es el bosque de encino, compuesto por *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y otras especies del género (Sánchez 1979). No obstante, se debe señalar que este espacio también ha sido profundamente modificado por la explotación del encino como producto forestal, por parte de la población rural de la zona (obs. pers.). Los individuos de encino difíciles de aprovechar se ubican en las laderas montañosas de mayor pendiente, donde también existe presencia de zacate; mientras que las zonas con menor pendiente se cubren de cultivos de temporal o de pastos y zacates, donde se practica el pastoreo. Cabe indicar que en estas zonas el bosque de encino se mantiene relativamente conservado.

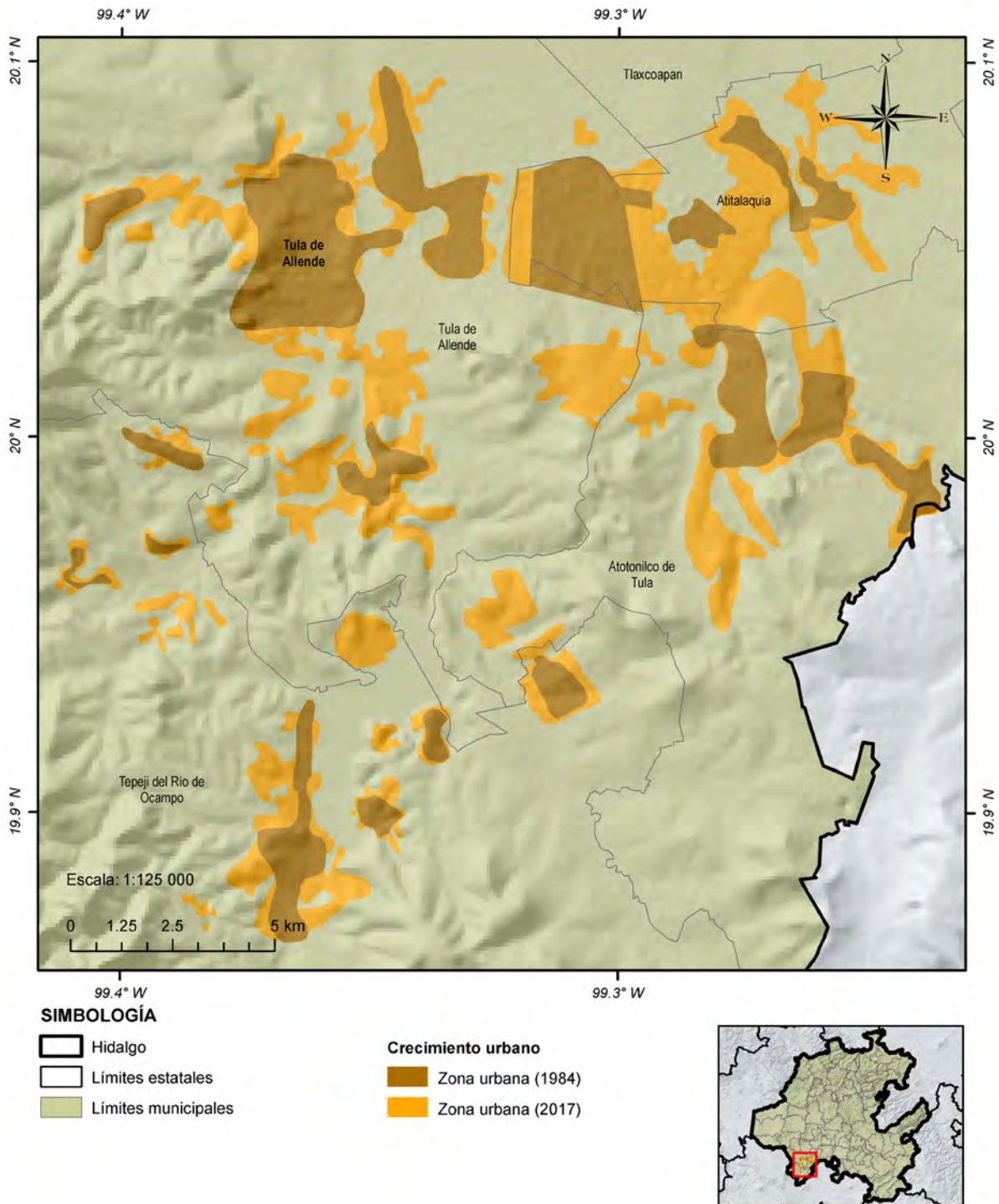


Figura 3. Crecimiento urbano de Tula y su zona metropolitana de 1984 a 2017. Fuente: INEGI 1984, 2018.

Cuadro 4. Características y políticas sustentables generales sugeridas para tres zonas metropolitanas de Hidalgo.

Zona metropolitana	Tipo de ecosistema	Cambio de uso del suelo	Problemática específica de la zona	Propuesta para mitigar el impacto por crecimiento urbano
Pachuca	Seco estepario	15 km ² en 32 años	Crecimiento poblacional y urbano acelerado	Establecer una frontera de crecimiento urbano en las pequeñas y grandes montañas, con el fin de que las especies que ya migraron a esas zonas tengan un entorno seguro de vida y preservación ecológica (cerros el Saucillo, Don Carlos, El Judío, La Cruz y Redondo, así como el conjunto montañoso de Pachuca norte)
Tulancingo	Seco y bosque mixto de pino-encino	36 km ² en 33 años	Acelerada deforestación y cambio de uso del suelo a agrícola	Establecer una frontera de crecimiento urbano. Reforestación (con especies nativas) de las montañas del sur, este y oeste de Tulancingo, en especial las montañas de Jagüey Chico. Se recomienda el desarrollo de obras de mitigación contra la erosión hídrica y la construcción de una tratadora de agua en el municipio Acatlán
Tula	Seco estepario y bosque de encino	58 km ² en 33 años	Crecimiento urbano acelerado	Creación de una reserva ecológica en ecosistema seco en la zona plana. Establecer una frontera de crecimiento urbano en el sistema montañoso del oeste de Tula, con el fin de preservar los ecosistemas secos que por su pendiente están poco perturbados. En la vertiente oeste de este sistema, reforestar con encinos con el fin de restablecer el ecosistema caducifolio que ahí existía

Fuente: elaboración propia.

El problema identificado en esta región, es que se localiza en las cercanías de la autopista México-Querétaro, por donde recibe el mayor impulso urbano industrial de todo el país. Además, los suelos agrícolas de esta región se aprovechan para la instalación de nuevas industrias, situación que provoca la desaparición de comunidades arbóreas de los géneros *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Juniperus* y *Pinus*, así como de los estratos arbustivos y herbáceos asociados a estas comunidades.

La creación de asentamientos humanos urbanos tiene un efecto devastador en los ecosistemas, siendo los de climas secos los que generalmente reciben menos atención. En los ecosistemas secos de Tula, por ejemplo, varias especies animales son afectadas de manera inmediata la presencia del ser humano. Entre los mamíferos se encuentran conejos

(*Sylvilagus floridanus*, *S. audubonii*), liebres (*Lepus* spp.), zorrillos (*Mephitis macroura*), tlacuaches (*Didelphis virginiana*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*), ardillas (*Sciurus aureogaster*), murciélagos (*Artibeus intermedius*, *Corynorhinus townsendii*, *Dermanura azteca*, *Diphylla ecaudata*, *Leptonycteris nivalis*, *Macrotus waterhousii*, *Myotis velifera*), roedores (*Dipodomys* spp., *Liomys irroratus*, *Microtus quasiater*, *Neotoma mexicana*, *Oligoryzomys fulvescens*, *Oryzomys alfaroi*, *Peromyscus difficilis*, *P. levipes*, *P. pectoralis* y *Sigmodon hispidus*), coyotes (*Canis latrans*), zorras (*Vulpes vulpes*), leoncillos jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), comadreas (*Mustela frenata*) y tlalcoyotes (*Taxidea taxus*; Mejenes-López *et al.* 2010). Por su parte, en los reptiles destacan especies de la familia Viperidae (víboras y parientes) y lagartijas del género *Sceloporus*, entre

muchos otros (Vite-Silva *et al.* 2010, Ramírez-Bautista *et al.* 2010, Ramírez-Bautista y Ramírez-Pérez 2008).

Conclusiones

Se puede considerar que este capítulo es un aviso de alarma ante los estragos que ocasiona el crecimiento urbano acelerado y desordenado en la naturaleza. Es importante considerar el crecimiento urbano porque las tres ciudades más importantes del estado, en cuanto a su número poblacional, no van a detener ni disminuir su crecimiento: la metropolización de las ciudades que forman la mancha urbana del centro del país es un aliciente para que ciudades medias como Pachuca, Tulan-

cingo y Tula sigan teniendo un ritmo alto de crecimiento. Por consiguiente, una inadecuada ampliación hacia zonas naturales continuará significando la destrucción y degradación de los ecosistemas circundantes.

Como una medida mínima ante esta situación, se sugiere que los gobiernos municipales, estatales y federales decreten zonas de reserva natural en aquellos lugares aún no urbanizados, con el fin de formar un cinturón verde alrededor de estas ciudades (cuadro 4). Estas zonas naturales se constituyen principalmente de bloques montañosos que forman una gran superficie de captación y absorción de agua, y representan refugios para la fauna que ha sido desplazada de sus ecosistemas originales.

Referencias

- Aguilar, A.G. 2003. *Urbanización, cambio tecnológico y costo social. El caso de la región centro de México*. Miguel Ángel Porrúa, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. CONANP, México.
- Enciso, A. 2018. *Deforestación en 2016 casi triplicó la del lustro anterior al perderse 253 mil ha*. En: <<https://www.jornada.com.mx/2018/01/08/sociedad/036n2soc>>, última consulta: mayo de 2018.
- Gobierno del Estado. 2001. *Ordenamiento Ecológico Territorial*. Publicado el 2 de abril de 2001 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 16 de febrero de 2009.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1970. *Censo General de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 1980. *Censo General de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 1984. *Carta estatal topográfica. Estado de Hidalgo*. INEGI, México.
- _____. 1990. *Censo General de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 1992. *Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo*. INEGI, México.
- _____. 2000. *Censo General de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 2010. *Censo General de Población y Vivienda*. INEGI, México.
- _____. 2015. *Encuesta Intercensal*. INEGI, México.
- _____. 2018. *Mapa digital de México V6.3*. En: <<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGfoOjIwLjEzNjIlgxvbjotOTguODYzMT-Msejo2LGw6dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=%3E>>, última consulta: mayo de 2018.
- Mejenes-López, S.M.A., M. Hernández-Bautista, J. Barragán-Torres y J. Pacheco-Rodríguez. 2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. *Therya* 1(3):161-188.
- Ortiz-Pulido, R., J. Bravo-Cadena, V. Martínez-García *et al.* 2010. Avifauna de la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(2):373-391.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano *et al.* 2010. *Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería-UAEH/CONABIO, México.
- Ramírez-Bautista, A. y A. Ramírez-Pérez. 2008. *¿Sabes quien vive en el PNEC? Anfibios y Reptiles*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Rodarte, R. y E. Galindo. 2016. Espacio rural, espacio urbano el eterno conflicto, el Valle de Pachuca, Hidalgo. En: *21º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*. AMECIDER-ITM, Yucatán.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Sánchez, O. 1979. *La flora del Valle de México*. Editorial Herrero, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Vite-Silva, V.D., A. Ramírez-Bautista y U. Hernández-Salinas. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(2):473-485.







3

Biodiversidad



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Leonardo Fernández Badillo

A pesar de su extensión, que representa únicamente 1.1% del territorio nacional, Hidalgo presenta diversas características fisiográficas y ambientales, que permiten una gran diversidad biológica en la entidad. Esta sección presenta información de la riqueza biológica de distintos ecosistemas específicos y grupos de hongos, plantas y animales, tanto a nivel estatal como en distintas regiones del estado, y se abordan ciertos aspectos de la ecología y la genética de sus poblaciones. Además, se incluye información de la diversidad que existió en el pasado en el territorio hidalguense.

Los antecedentes de la biodiversidad de Hidalgo se remontan a la variedad fosilífera de amonites jurásicos, que está integrada por 14 especies endémicas y 12 compartidas con afloramientos europeos; debido a esta combinación de faunas endémicas y compartidas, la fauna del Sinemuriano superior de Huayacocotla es mayor que en el Paleo-pacífico o en Europa. Lamentablemente, estos afloramientos fosilíferos se encuentran amenazados por la extracción diaria de cientos de toneladas de sedimento y roca que contiene fósiles, que se realiza entre los límites de Hidalgo y Puebla.

Por su parte, los fósiles de vertebrados corresponden a distintos taxones del periodo Cretácico y la era Cenozoica: 26 especies de peces (la mayoría corresponde al grupo de los osteíctios), seis anuros, dos salamandras, un cocodrilo, siete tortugas, cuatro lagartijas, cuatro serpientes, un ave, cuatro musarañas, 23 roedores, dos conejos, un murciélago y un berrendo enano. Para el caso de la megafauna, se tiene el registro de 21 especies, entre las que se incluyen perezosos gigantes, lobos prehistóricos, mastodontes y mamuts, entre otros.

En la actualidad los bosques templados del estado albergan una gran riqueza de especies y se estima que en ellos existen 3 896 especies de planta vasculares, 121 especies de escarabajos, 50 de anfibios, 119 de reptiles, 255 de aves y 78 de mamíferos. Sin embargo, en estos bosques se presenta una fuerte presión antrópica, debido a factores como el cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, explotación forestal desmedida, cacería furtiva y el cambio climático. Por ello, resulta urgente fortalecer los planes de manejo de aprovechamiento sustentable, así como las actividades de conservación y monitoreo de la diversidad biológica dentro de áreas naturales protegidas (ANP).

Otro de los ecosistemas importantes en el estado es el bosque mesófilo de montaña que, aunque representa menos de 1% de la vegetación primaria del estado, es considerado como el ecosistema más diverso de la entidad, ya que alberga 1 083 especies de plantas vasculares, alrededor de 292 de macrohongos, 285 de artrópodos, 30 anfibios, 65 reptiles, 358 aves y 80 mamíferos. Lamentablemente el cambio de uso del suelo amenaza gravemente a este tipo de vegetación y con ello toda su riqueza biológica.

También con una extensión territorial limitada en el estado, la selva mediana subperennifolia se distribuye únicamente en pequeños fragmentos, inmersos en una matriz de hábitats perturbados, en siete municipios del noreste del estado. La información acerca de este tipo de vegetación en Hidalgo es muy escasa, y se desconoce en gran medida la biodiversidad que alberga, aunado a que ha experimentado una drástica y constante disminución en

Fernández-Badillo, L. 2021. Resumen ejecutivo. Biodiversidad. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 123-126.

su cobertura. En esta sección se presenta una caracterización estructural de los diferentes estadios de sucesión para este tipo de vegetación en el municipio Huautla.

Se presenta también un estudio de caso sobre la región de Metztlán, que queda inmersa en su gran mayoría dentro del polígono de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán (RBBM). El establecimiento de esta ANP se debió en gran medida a la necesidad de evitar la explotación y saqueo de cactáceas y lograr su protección, y aunque ha permitido tener logros importantes en la protección de este y de otros grupos biológicos, algunas de las comunidades humanas de mayor pobreza enfrentan problemas al tener restricciones de uso y aprovechamiento de sus recursos por estar dentro del ANP, por lo que es necesario un mayor diálogo entre las autoridades y los pobladores, que favorezca el aprovechamiento sustentable de los recursos.

Asimismo, se analiza la diversidad de los hongos del bosque de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del ejido La Mojonera, en el municipio Zacualtipán. Estos bosques son comunidades vegetales relictas del Mioceno, y en particular el de la Mojonera es el de mayor extensión y el mejor conservado de México. En éste se han registrado 200 especies de hongos, los cuales son de suma importancia biológica en el reciclaje de los componentes orgánicos del ecosistema, además de que forman asociaciones complejas con otros organismos. Sólo una especie se encuentra listada bajo protección especial en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Otro grupo de hongos presente en este bosque son los mixomicetes, cuya riqueza es de 24 especies y son importantes desde el punto de vista ecológico, económico y cultural. Sin embargo, el haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*), la especie relictas que alberga a estos hongos, se encuentra en peligro de extinción debido a las actividades humanas y, por lo tanto, toda la diversidad biológica asociada a ella se encuentra en grave peligro.

Sobre los ascomicetos del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Alta Hidalguense, se han encontrado un total de 156 especies, principalmente en los municipios Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles (72 y 66 especies, respectivamente), lo que convierte a esta sierra en la zona con mayor diversidad de este tipo de hongos en el país. Lamenta-

blemente ninguna de las especies enlistadas se encuentra considerada dentro de la NOM-059.

La riqueza biológica de Hidalgo, para el caso particular de la flora, incluye 4 783 especies de plantas vasculares y 502 plantas no vasculares. Hasta el momento, la parte centro y sur del estado son las mejor conocidas desde el punto de vista florístico, y los bosques templados y los bosques húmedos de montaña son los que albergan la mayor diversidad de especies (3 896 y 3 337 especies, respectivamente). En cuanto a los endemismos, la mayor diversidad se presenta en los bosques templados y en los matorrales xerófilos. Sin embargo, únicamente 2.3% de la riqueza florística del estado se encuentra en alguna categoría de riesgo.

En cuanto a las plantas de la zona semiárida hidalguense (ZSH), se han identificado 31 especies endémicas a esta región, dentro de las que destacan a nivel de familia las crasuláceas y cactáceas (seis y cinco especies, respectivamente), y en relación con las formas biológicas, destacan las suculentas (13 especies). Parte de la ZSH se encuentra protegida por la RBBM, ya que es una de las zonas cactológicas más importantes y emblemáticas de México, pues su riqueza incluye un total de 20 géneros y 64 especies, de las cuales 84.4% presentan algún tipo de endemismo, 14.1% se encuentran enlistadas en alguna categoría de la NOM-059 y 72.3% están en alguna categoría de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Sin embargo, el tráfico y la extracción ilegal de cactáceas, principalmente de *Cephalocereus senilis* continúa, por lo que se deben continuar los esfuerzos para la propagación y comercio legal, continuar con las investigaciones en pro de la conservación de las cactáceas y desarrollar estrategias para disminuir el daño provocado por animales domésticos, plagas y enfermedades.

Un grupo biológico asociado a las cactáceas de la barranca de Metztlán son los sírfidos o moscas de las flores, las cuales, entre otras cosas, contribuyen en el proceso de descomposición de los cactus y en el reciclaje de nutrientes. En total se conocen 12 especies de sírfidos para esta zona, incluyendo una especie descrita con ejemplares locales. La estrecha relación de las larvas de estas moscas con las plantas en donde se desarrollan las hace muy vulnerables en zonas donde la vegetación está siendo

gravemente afectada. Por otro lado, los adultos son buenos polinizadores y hay plantas que dependen totalmente de ellos para su polinización.

Las mariposas también son un grupo relevante en el estado, debido a su estrecha relación con la diversidad y salud de sus hábitats. Para Hidalgo se conocen 435 especies diurnas (25.8% de la diversidad nacional), de las cuales 44 presentan algún grado de endemismo; sin embargo, el inventario para Hidalgo aún no está completo y se espera el registro de un mayor número de especies si se realizan más estudios. Por lo tanto, es necesario que se ponga especial atención en la conservación de este grupo, enfocándose principalmente en las especies y subespecies endémicas con distribución en el estado.

En lo que respecta a los anfibios y los reptiles, son animales bien representados en Hidalgo y han sido estudiados en la entidad desde hace muchos años. Desde 1834 hasta 2017 se han publicado al menos 476 trabajos, la mayoría sobre reptiles (301), y se observa un aumento en las investigaciones herpetológicas en la entidad a partir de la década de los noventa, principalmente a cargo de Fernando Mendoza Quijano y Aurelio Ramírez Bautista.

Tan sólo en el ambiente antropizado del municipio San Felipe Orizatlán, se registraron 51 especies (16 anfibios y 35 reptiles), principalmente en potreros, carreteras y vegetación secundaria, donde para evitar los riesgos asociados a las actividades humanas se requiere desarrollar acciones de concientización y educación ambiental, e implementar pasos de fauna para evitar el atropello vehicular.

La RBBM también es relevante en cuanto a diversidad herpetofaunística, ya que se han registrado 69 especies (14 anfibios y 55 reptiles); pese a ser un área natural protegida, la herpetofauna enfrenta diversas amenazas debido principalmente a la contaminación, la introducción de especies exóticas y la persecución humana a grupos como las serpientes, que normalmente son sacrificadas, así como algunas lagartijas. Por lo tanto, es necesario desarrollar protocolos para el adecuado tratamiento de las mordeduras por serpientes venenosas, con el fin de velar por la salud de las personas y proteger la herpetofauna de esta reserva.

Otro sitio importante por su herpetofauna es la sierra de las Navajas, una serranía muy cercana a la ciudad de Pachuca, con 11 especies de anfibios y 22

especies de reptiles, de las cuales 26 son endémicas a México y 19 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059. Aunque la riqueza herpetofaunística es similar a la del Parque Nacional El Chico, presenta otras especies que no se encuentran en ninguna ANP del estado, como la serpiente de cascabel de cabeza pequeña (*Crotalus intermedius*).

En esta sección también se analizan las áreas de endemismo de la avifauna del estado, con base en los patrones de distribución de las especies. A partir de los registros de distribución de 188 especies, se encontraron dos áreas de endemismo relacionadas con las provincias biogeográficas que convergen en el estado: la provincia del Golfo de México (área A), y la Sierra Madre Oriental, el Altiplano Mexicano y la Faja Volcánica Transmexicana (área B). Estos resultados permiten identificar áreas de interés biológico que pudieran ser consideradas para su conservación, y reflejan una historia común en la distribución de las especies.

Además, se presenta el caso de un puma que fue ubicado en Actopan tras reportes de diversos ataques al ganado doméstico en junio de 2017. Esta situación alarmó mucho a los pobladores locales y a las autoridades que, en conjunto con el grupo de Expertos en la Conservación y Manejo Sustentable del Jaguar y otros felinos, diseñaron una estrategia para resolver el conflicto y lograron obtener fotografías del puma en la zona, confirmando su presencia, e identificando que sus desplazamientos y actividades están ligados a la trayectoria de los arroyos tributarios del río Amajac.

Otra localidad importante para la biodiversidad de Hidalgo, que también se presenta en esta sección, es la laguna de Tecocomulco, la cual antes de la Conquista se encontraba conectada con el antiguo sistema lacustre de la Cuenca de México. Actualmente alberga al menos 35 especies de plantas acuáticas, 50 especies de aves acuáticas residentes y migratorias, algunas especies de anfibios, y en sus alrededores habitan gran variedad de reptiles y mamíferos. A pesar de la importancia cultural de la laguna, se enfrenta a un gran deterioro (solo la quinta parte conserva la vegetación primaria) y de no revertirse los procesos de erosión, su vida útil podría durar sólo hasta el año 2045, por lo que se requiere desarrollar planes integrales de restauración de ecosistemas lacustres.

Asimismo, se presenta el Parque Ecológico de Cubitos, identificado como la única área de forrajeo en Hidalgo para hembras reproductoras del murciélago maguero mayor (*Leptonycteris nivalis*), lo que obliga a revisar la hipótesis migratoria de esta especie, pues la evidencia encontrada pone en duda la necesidad de la especie de viajar hacia el norte para buscar alimento y reproducirse. Es necesario realizar acciones para la conservación de esta colonia de maternidad, como la siembra de maguey pulquero en áreas suburbanas y urbanas dentro de los camellones y jardines de la ciudad. Incluso podrían adoptarse al maguey pulquero y al murciélago maguero mayor como especies emblemáticas de Pachuca y Mineral de la Reforma.

Finalmente, también se aporta información acerca de la diversidad genética del estado. Se presenta un estudio acerca de la diversidad genética de cuatro especies vegetales: el cedro rojo, la palma cícada, la orquídea naranja y el árbol haya mexicana (*Cedrela odorata*, *Ceratozamia fuscoviridis*, *Dichromanthus aurantiacus* y *Fagus grandifolia subsp. mexicana*, respectivamente), cuya explotación extensiva e ilegal genera homogeneidad genética, es decir, la pérdida de diversidad, aunado a la fragmentación, las actividades humanas y el aislamiento geográfico, que incrementan los riesgos sobre el acervo genético. Como estrategia de conservación, se sugieren la generación de bancos de germoplasma con semillas de todas las localidades, y la reforestación en las zonas de mayor amenaza, como el volcán de Acatlán y La Mojonera, en Zacualtipán.

Asimismo, se presenta información acerca de la genética de la lagartija *Aspidoscelis gularis*, ya que no se sabe con certeza a qué taxón corresponden las poblaciones de Hidalgo. El análisis mostró la existencia de 12 variantes genéticas o haplotipos, que forman tres grupos congruentes con las zonas muestreo (al noroeste del estado, al centro y al noreste), y que se encuentran estrechamente relacionados con las lagartijas que se distribuyen en estados vecinos (Ciudad de México, Querétaro y San Luis Potosí), por lo que, para hacer propuestas de conservación, es necesario evaluar en conjunto todas estas poblaciones del centro del país.

En el caso de las lagartijas del género *Sceloporus*, se obtuvo el código de barras genético¹ de nueve especies distribuidas en Hidalgo. El análisis realizado mostró que la secuencia genética utilizada es adecuada para identificar a las especies de este género dentro del estado; algunos de los resultados incluso sugieren la existencia de especies aún no descritas para la entidad, por lo que es necesario continuar con los estudios.

Prácticamente en todos los capítulos de esta sección, se reconocen como principales factores de presión sobre la biodiversidad estatal el deterioro y disminución de la cubierta vegetal, y la pérdida y fragmentación del hábitat ocasionados por actividades antropogénicas (la agricultura, la minería y el pastoreo, entre otras), aunque también se hace mención a la contaminación o la introducción de especies exóticas.

Asimismo, se reconoce que pese a toda la información disponible aún existen vacíos. Por ejemplo, zonas del estado poco exploradas (como la ZSH y los ecosistemas áridos en general o selva mediana subperennifolia), registros dudosos de especies, poco conocimiento de la distribución de ciertas especies (p.e. especies endémicas, sírfidos, puma), omisión de registros, entre otras. En general, se requieren más estudios, ya sea para que más especies sean incluidas en la NOM-059, se diseñen censos poblacionales de las especies, o bien se elaboren planes de restauración de ecosistemas, de manejo y aprovechamiento de especies invasoras o reciclado de desechos, entre otros. Sin duda, un mejor entendimiento de la biodiversidad (incluyendo la genética) permitirá contar con estrategias de conservación más eficientes.

Por otro lado, es recurrente la necesidad de que las estrategias de conservación sean abordadas multilateralmente, incluyendo a comunidades locales, pobladores, instituciones educativas, no gubernamentales y gubernamentales. Más aún, debe existir un compromiso total por parte de las autoridades, así como una conciencia y participación ciudadana para lograr conservar la biodiversidad del estado.



¹ Este código podría compararse con el código de barras de los productos mercantiles, lo que permite identificar a las especies mediante una secuencia única de DNA.

Los vertebrados fósiles

Katia Adriana González-Rodríguez, Víctor Manuel Bravo-Cuevas, Miguel Angel Cabral-Perdomo y Jesús Martín Castillo-Cerón

Introducción

Además de su gran diversidad de flora y fauna actual, Hidalgo tuvo una enorme diversidad en el pasado, producto de eventos evolutivos y procesos ecológicos a través de millones de años. En el estado se tienen registros fósiles de fauna de hace aproximadamente 250 millones de años (Paleozoico), y hasta los últimos momentos del Cenozoico (Pleistoceno, aproximadamente hace 40 mil años; González-Rodríguez y Fielitz 2009), plasmados en rocas sedimentarias (formadas a partir de la acumulación de sedimentos).

Los primeros fósiles de Hidalgo fueron estudiados en el siglo XIX, principalmente por geólogos extranjeros contratados por empresas mexicanas para buscar yacimientos minerales y petróleo en México. Cuando encontraban restos fósiles durante sus exploraciones, los recolectaban y resguardaban para su estudio; tal es el caso del material de vertebrados proveniente de las minas de carbón de Zaucualtipán, que analizó el estadounidense Cope (1885, 1886). En la primera mitad del siglo XX creció el interés por la explotación de los recursos naturales de México y los hallazgos de fósiles se incrementaron. En Hidalgo, científicos como Freudenberg (1910, 1922) y el alemán Karl G. Müllerried (1939) recolectaron y describieron varias especies de vertebrados fósiles de las regiones de Santa María Amajac y Actopan, respectivamente (Castillo-Cerón *et al.* 1996).

Durante la segunda mitad del siglo XX los paleontólogos mexicanos se incorporaron al estudio de los vertebrados fósiles de México. En Hidalgo se

comenzó una nueva etapa de exploración y estudios paleontológicos en 1991, con la creación del Museo y Laboratorio de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), ubicado en la Ciudad del Conocimiento, bajo el apoyo del entonces Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la UAEH y del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). A más de 25 años de su creación, este museo ha logrado el resguardo de más de 3 mil fósiles de invertebrados, vertebrados y plantas de distintas edades y localidades. Cada año se incrementa el acervo paleontológico recolectado en diferentes localidades de la entidad, producto de proyectos de investigación con financiamiento interno y externo, así como de donaciones por parte de los habitantes del estado.

El Museo de Paleontología cuenta con colecciones científicas de: microvertebrados, macrovertebrados, invertebrados, plantas y la colección paleoictiológica. Asimismo, existe una colección de material reciente de comparación (osteoteca), la cual es fundamental para realizar comparaciones de los rasgos anatómicos de los fósiles con los organismos actuales. La osteoteca cuenta con cerca de 200 ejemplares de peces, anfibios, saurópsidos (aves y reptiles) y mamíferos, siendo este último grupo el mejor representado. Todos los ejemplares resguardados en esta colección son el resultado de donaciones de diferentes fuentes, tales como zoológicos, estudiantes de la licenciatura en biología de la UAEH y particulares. En este capítulo sólo se abordará el acervo paleontológico de los vertebrados.

González-Rodríguez, K.A., V.M. Bravo-Cuevas, M.A. Cabral-Perdomo y J.M. Castillo-Cerón. 2021. Los vertebrados fósiles. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 127-134.

Marco geológico y cronoestratigráfico¹ en Hidalgo

Los distintos cuerpos de roca en Hidalgo albergan una cronología geológica que va del Precámbrico al Cuaternario (Yta *et al.* 1999). Los depósitos sedimentarios del periodo Cretácico y la era Cenozoica alojan una importante muestra de restos fósiles pertenecientes a diferentes grupos de vertebrados marinos y terrestres.

Cretácico

Los depósitos cretácicos son parte de la formación rocosa El Doctor, que consiste en una secuencia de rocas calizas de grano fino, lutita calcárea y frecuentes nódulos de pedernal, asociados a un ambiente lejano a la costa. Esta unidad litoestratigráfica aflora en el sector nororiental del territorio hidalguense. Los estratos de esta composición contienen fósiles de invertebrados y peces que sugieren una edad equivalente a mediados del Cretácico, es decir, aproximadamente 100 millones de años (Bravo-Cuevas *et al.* 2009b).

Cenozoico

Las unidades del Cenozoico tardío incluyen a los depósitos sedimentarios conocidos como Capa Tehuiztla, las formaciones Atotonilco el Grande y Tarango, así como depósitos innominados del periodo Cuaternario. La Capa Tehuiztla, expuesta en el sector nororiental de Hidalgo, consiste en una secuencia de lutita y limolita, asociadas a ceniza volcánica y carbón (Almanza 1956). Con base en el registro de mamíferos recuperados, esta secuencia rocosa se considera del Mioceno tardío, con aproximadamente 10 millones de años de antigüedad (Ferrusquía-Villafranca 1978).

Por su parte, la formación Atotonilco el Grande está expuesta en la región centro-oriente de Hidalgo y consiste de material clástico heterogéneo (desde lutita hasta secuencias conglomeráticas) y ceniza volcánica depositados en un ambiente lacustre. Con base en su posición estratigráfica y análisis de elementos radioactivos contenidos en las secuencias rocosas de algunas localidades, se sugiere que esta unidad corresponde al Plioceno con una edad

de aproximadamente 5 millones de años (Juárez-Arriaga 2009). Los depósitos de la formación Atotonilco el Grande alojan una importante muestra de restos fósiles, tales como plantas, gasterópodos, insectos, peces y una amplia diversidad de mamíferos terrestres (Arellano-Gil *et al.* 2005).

La formación Tarango aflora en el sector suroccidental del estado, consiste en una secuencia de arenisca gruesa, conglomerado y materiales volcánicos de composición variable asociados a sistemas fluviales, es correlacionable con la formación Atotonilco el Grande y se sugiere que tiene una edad equivalente a esta última (Juárez-Arriaga y López-Palomino 2009). Algunos autores indican que se han recuperado restos fósiles de mamíferos terrestres de esta formación; sin embargo, la procedencia de dichos fósiles es imprecisa (Bravo-Cuevas 2002).

Finalmente, los depósitos del Cuaternario están distribuidos desigualmente en el sector meridional del estado, y consisten en aluvión asociado a materiales volcánicos de composición variable, depositados en ambientes fluvio-lacustres de intensidad también variable. Los sedimentos con esta constitución son portadores de numerosos restos óseos de mamíferos, particularmente de talla mediana a grande (Bravo-Cuevas 2002).

Registro fósil

Peces

Los peces fósiles de Hidalgo están representados por organismos dulceacuícolas y marinos que habitaron tanto lagos (durante el Mioceno tardío y el Plioceno) como aguas marinas de la porción occidental del mar de Tetis (durante el Cretácico, en el Albiano y el Cenomaniano). El grupo mejor representado es de los peces osteíctios (que poseen un esqueleto interno óseo) con 22 especies, aunque también existen registros de peces condriictios (tiburones y rayas) y sarcopterigios (peces caracterizados por sus aletas carnosas o lobuladas; apéndice 1).

El material se ha recuperado de cinco localidades distintas. Los registros más antiguos provienen de la formación El Doctor, con aproximadamente 100 millones de años (Albiano-Cenomaniano), que

¹ Intervalo geológico al que se asocia una secuencia de rocas.

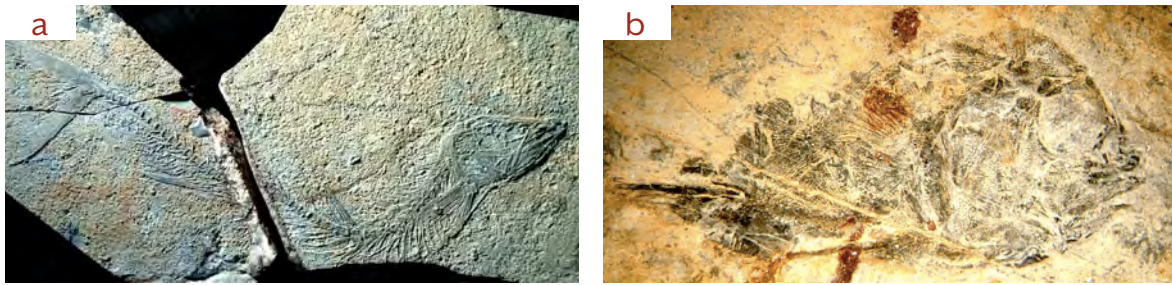


Figura 1. Los peces de la cantera Muhi (Albiano-Cenomaniano) corresponden a una fauna endémica a México: a) *Enchodus zimapanensis* es el pez más numeroso de la cantera, con una antigüedad de aproximadamente 100 millones de años; b) *Handuichthys interopercularis* pertenece a una nueva familia de peces acantomorfos, denominada Pseudomonocentrididae, la cual presenta el cuerpo cubierto por placas óseas gruesas y ornamentadas. Fotos: Christopher Fielitz (a), Katia Adriana González Rodríguez (b).

corresponde a ambientes marinos. Se conocen dos localidades de esta formación: una se halla en el cerro Los Mendoza del municipio Actopan, en la que se encontró una placa vomeriana² aislada con dientes de un grupo de peces extintos pertenecientes al orden Pycnodontiformes³ (Carranza-Castañeda y Applegate 1994); la segunda localidad se conoce como Cantera Muhi y se localiza en el municipio Zimapán. En esta última se han encontrado la mayoría de los *taxa* de peces marinos de Hidalgo, con un total de 21 taxones reconocidos hasta ahora (apéndice 1), que incluyen tiburones, rayas, peces osteíctios (figura 1) y sarcopterigios (González-Rodríguez y Fielitz 2009, González-Rodríguez *et al.* 2013a, 2016).

Los peces del Cenozoico que testifican ambientes lacustres comprenden huesos del oído (otolitos), vértebras aisladas y escamas de peces osteíctios no identificados del Mioceno tardío (6.6 millones de años), encontrados en el municipio Zacualtipán (Castillo-Cerón *et al.* 1996), así como ejemplares completos de peces goodeidos del género *Goodea* del Plioceno (figura 2a; Becerra-Martínez 2003). En el municipio Tula de Allende se han encontrado restos de peces teleósteos (figura 2b) de *Ictiobus aguilerai* (Alvarado-Ortega *et al.* 2006) y de bagres del género *Ictalurus* (González-Rodríguez y Fielitz 2009), procedentes del Plioceno (aproximadamente 3.5 millones de años).

² Placa ósea con dientes aplanados que forma parte del techo de la boca (paladar).

³ Los pycnodontiformes eran parecidos a los peces ángel; tenían el cuerpo aplanado lateralmente y eran habitantes comunes de los arrecifes del Cretácico.

Pequeños vertebrados

En esta categoría se incluyen todos aquellos vertebrados que tienen tallas menores a 500 mm y un peso corporal menor a 45 kg, predominando aquellos de 160 mm. El registro consiste en anfibios (anuros y salamandras), saurópsidos (tortugas, lagartijas, serpientes y aves) y pequeños mamíferos como soricomorfos (conocidos comúnmente como musarañas), roedores, lagomorfos (liebres, conejos y picas) y murciélagos; así como también los pequeños carnívoros, aunque no son tomados en cuenta en el presente trabajo.

Este grupo está bien representado en las zonas noreste, centro-oeste y centro-sur de Hidalgo. El material registrado procede de 18 localidades fosilíferas: cuatro asignadas al Mioceno (6.6 millones de años; Carranza-Castañeda 1994, Castillo-Cerón 1994), tres al Plioceno (Castillo-Cerón *et al.* 1996) y 11 al Pleistoceno (Castillo-Cerón *et al.* 1996, Cabral-Perdomo 2001). La paleodiversidad de pequeños vertebrados en el estado (apéndice 2, figura 3) incluye seis anuros, dos salamandras, un cocodrilo, siete tortugas, cuatro lagartijas, cuatro serpientes, un ave, cuatro musarañas, 23 roedores, dos conejos, un murciélago y un berrendo enano.

Megafauna

El término megafauna hace referencia a mamíferos de gran tamaño con una masa corporal mayor a los

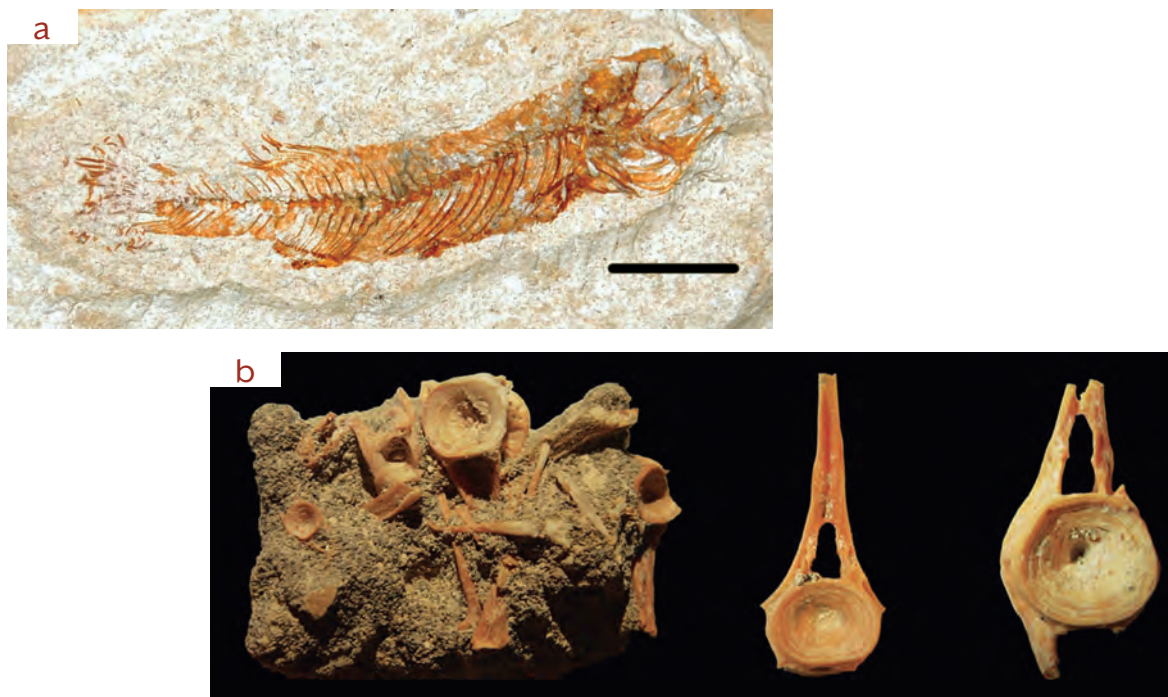


Figura 2. a) Pez goodeido (*Goodea* sp.) encontrado en los sedimentos lacustres de la localidad Sanctorum, municipio Atotonilco el Grande, procedente del Plioceno; b) vértebras desarticuladas de peces dulceacuícolas del Plioceno, encontradas en el municipio Tula de Allende. Fotos: Jesús Martín Castillo Cerón (a), Katia Adriana González Rodríguez (b).

45 kg. La megafauna del Cuaternario procede de alrededor 15 localidades ubicadas en el sector meridional del territorio hidalguense. La muestra disponible incluye cráneos, mandíbulas, dientes y diversos elementos del postcráneo; asimismo, se tiene evidencia de heces fecales de un carnívoro. El registro testifica cinco ordenes, 15 familias y 21 especies (17 de ellas identificadas; apéndice 3, figura 4). Las asociaciones estuvieron integradas por gliptodontes,⁴ perezosos gigantes, lobos prehistóricos, lince, león americano, caballos, camellos, llamas, antilocápridos, bisontes, borregos cimarrones, venados, gonfoterios,⁵ mastodontes y mamuts. Los artiodáctilos⁶ fueron el grupo más diverso con ocho especies (6 identificadas), seguidos de los carnívoros y los perisodáctilos.⁷

Una buena parte de esta diversidad se extinguió a finales del Pleistoceno tardío (aproximadamente 70% de las especies registradas), incluyendo gliptodontes, perezosos gigantes, lobos prehistóricos, león americano, camélidos, antilocápridos y proboscídeos (mamíferos de gran tamaño que poseen una trompa prensil). Los caballos se extinguieron del territorio mexicano, aunque después fueron reintroducidos por el conquistador Hernán Cortés en 1519 (Hassig 2006). En la actualidad, de la megafauna pleistocénica hidalguense, sobreviven el lince, el borrego cimarrón y el venado cola blanca; sin embargo, es importante señalar que la distribución del borrego cimarrón se redujo al noroeste y norte del país (Ceballos y Oliva 2005).

4 Grupo de mamíferos gigantes relacionados evolutivamente con los armadillos.

5 Grupo de proboscídeos primitivos emparentados con los elefantes actuales.

6 Mamíferos herbívoros que poseen pezuñas que terminan en un par de dedos, por lo que en la punta de la pata, la pezuña se observa dividida en dos, como ocurre en las cabras.

7 Mamíferos que se caracterizan por la posesión de extremidades con un número impar de dedos terminados en pezuñas (p.e. cebra).

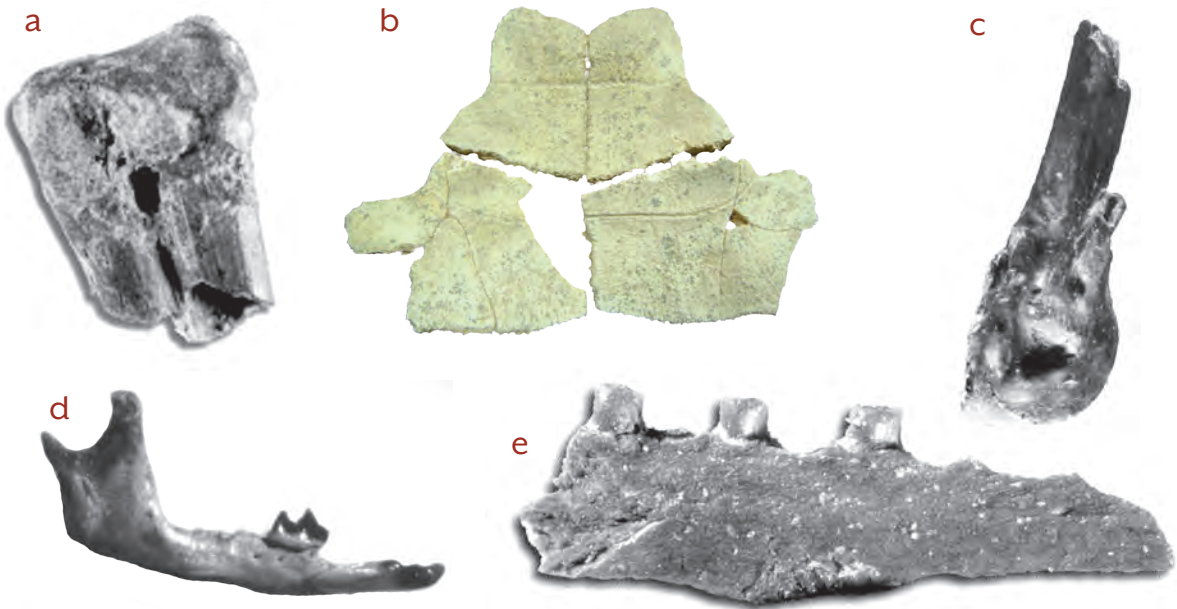


Figura 3. a) Región proximal de tibiofíbula de rana (*Tlalocohyla* sp.), de la cuenca Carbonífera de Zacualtipán (Mioceno); b) fragmento anterior de plastrón de tortuga (*Gopherus berlandieri*), encontrado en Actopan (Pleistoceno); c) metacarpo de pato (*Anas* sp.), de la cuenca Carbonífera de Zacualtipán (Mioceno); d) rama mandibular de musaraña (*Sorex saussurei*), encontrado en Huasca (Pleistoceno); e) fragmento mandibular de lagartija (*Sceloporus* sp.), procedente de la localidad Santorum (Plioceno).. Fotos: Jesús Martín Castillo Cerón.

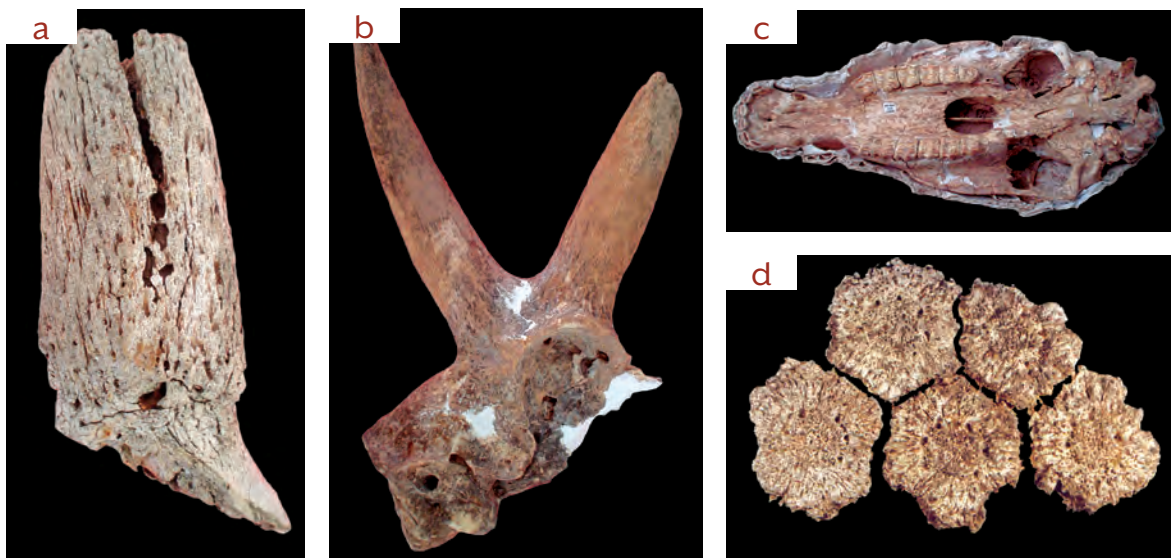


Figura 4. a) Núcleo óseo de un bisonte (*Bison antiquus*); b) cráneo parcial de un antilocáprido (*Stockoceros conklingi*); c) cráneo del caballo mexicano (*Equus conversidens*); d) escudos óseos de un gliptodonte (*Glyptotherium floridanum*). Fotos: Víctor Manuel Bravo Cuevas (a, b, c), Miguel Ángel Cabral Perdomo (d).

Conclusiones

La riqueza fosilífera de Hidalgo es grande y diversa, con plantas y animales de diferentes grupos taxonómicos y edades. Los vertebrados fósiles están ampliamente representados por distintos taxones del periodo Cretácico y la era Cenozoica. El estudio de estos restos por parte de los paleontólogos de la UAEH comenzó hace más de dos décadas y, aunque se han realizado numerosas investigaciones que se encuentran plasmadas en artículos científicos y de divulgación, aún falta mucho por conocer.

Referencias

- Almanza, V.E. 1956. Cuenca Carbonífera de Zacualtipán Estado de Hidalgo. *Boletín del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales* 35:1-25.
- Alvarado-Ortega, J., O. Carranza-Castañeda y G. Álvarez-Reyes. 2006. A new fossil species of *Ictiobus* (Teleostei: Catostomidae) from Pliocene lacustrine sediments near Tula de Allende, Hidalgo, México. *Journal of Paleontology* 80(5):993-1008.
- Arellano-Gil, J., P. Velasco-de León y A. Silva-Pineda. 2005. Origen y características geológicas del paleo-Lago Amajac, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22(2):199-211.
- Arratia, G., K.A. González-Rodríguez y C. Hernández-Guerrero. 2018. A new pachyrhizodontid fish (Actinopterygii, Teleostei) from the Muhi Quarry (Albian-Cenomanian), Hidalgo, Mexico. *Fossil Record* 21:93-107.
- Baños-Rodríguez, R.E., K.A. González-Rodríguez, M.V.H. Wilson y J.A. González Martínez. 2020. A new species of *Heckelichthys* from the Muhi Quarry (Albian-Cenomanian) of central Mexico. *Cretaceous Research* 110:104415.
- Baños-Rodríguez, R.E. 2018. *Estudio taxonómico y sistemático de los peces Ichthyodectiformes de la cantera Muhi (Albiano-Cenomaniano), Zimapán, Hidalgo*. Tesis de maestría en ciencias en biodiversidad y conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Becerra-Martínez, C.A. 2003. *Estudio anatómico de las aletas impares de los goodeidos fósiles procedentes de Sanctorum (Formación Atotonilco el Grande), Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza-UNAM, México.
- Bravo-Cuevas, V.M. 2002. *Diferenciación geológica y bioestratigráfica de la Formación Tarango para el estado de Hidalgo, centro de México*. Proyecto PSO-6MOD. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH, México.
- Bravo-Cuevas, V.M., M.A. Cabral-Perdomo, E. Ortiz-Caballero y J. Priego-Vargas. 2009a. La megafauna del Pleistoceno. En: *Los fósiles del Estado de Hidalgo*. K.A. González-Rodríguez, C. Cuevas-Cardona y J.M. Castillo-Cerón (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 85-96.
- Bravo-Cuevas, V.M., K.A. González-Rodríguez, C. Esquivel-Macías y C. Fielitz. 2009b. Advances on stratigraphy and paleontology of the Muhi Quarry from the Mid-Cretaceous (Albian-Cenomanian) of Hidalgo, central Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 61(2):155-165.
- Bravo-Cuevas, V.M., E. Jiménez-Hidalgo, M.A. Cabral-Perdomo y J. Priego-Vargas. 2013. Taxonomy and notes on the paleobiology of the late Pleistocene (Rancholabrean) antilocaprids (Mammalia, Artiodactyla, Antilocapridae) from the state of Hidalgo, central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 30(3):601-613.
- Bravo-Cuevas, V.M., E. Jiménez-Hidalgo, G. Cuevas-Ruiz y M.A. Cabral-Perdomo. 2012. A small camelid *Hemiauchenia* from the late Pleistocene of Hidalgo, central Mexico. *Acta Palaeontologica Polonica* 57(3):497-508.
- Bravo-Cuevas, V.M., E. Jiménez-Hidalgo y J. Priego-Vargas. 2011. Taxonomía y hábito alimentario de *Equus conversidens* (Perissodactyla, Equidae) del Pleistoceno tardío (Rancholabreano) de Hidalgo, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(1):65-82.
- Bravo-Cuevas, V.M., N.M. Morales-García y M.A. Cabral-Perdomo. 2015. Description of mastodons (*Mammuth americanum*) from the late Pleistocene of southeastern Hidalgo, central Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 67(2):337-347.
- Bravo-Cuevas, V.M., J. Priego-Vargas, M.A. Cabral-Perdomo y M.A. Pineda Maldonado. 2016. First occurrence of *Panthera atrox* (Felidae, Pantherinae) in the Mexican state of Hidalgo and a review of the record of felids from the Pleistocene of Mexico. *Fossil Record* 19(2):131-141.

- Cabral-Perdomo, M.A. 2001. *Vertebrados pleistocénicos de la región Pachuca-Tulancingo, estado de Hidalgo*. Tesis de maestría. UNAM, México.
- Cabral-Perdomo, M.A. y J.M. Castillo-Cerón. 1998. Primer reporte de la mastofauna pleistocénica del área de Epazoyucan, estado de Hidalgo. En: *Memorias del VI Congreso Nacional de Paleontología*. Sociedad Mexicana de Paleontología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Carranza-Castañeda, O. 1994. Mastofauna del Mioceno tardío de la cuenca carbonífera de Zacualtipán. *Revista de Investigación Pancromo* 1(1):40-49.
- Carranza-Castañeda, O. y S.P. Applegate. 1994. Primer registro de peces picnodóntidos en el estado de Hidalgo. *Revista de Investigación Pancromo* 1(1):56.
- Castillo-Cerón, J.M. 1994. *Bioestratigrafía de los sedimentos continentales del área de Zacualtipán (Mioceno tardío) del estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- _____. 1998. Mastofauna miocénica del noroeste del estado de Hidalgo. En: *Memorias en IV Congreso Nacional de Mastozoología*, Asociación Mexicana de Mastozoología/ Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología A.C., Xalapa.
- _____. 2000a. Late Tertiary vertebrates from Hidalgo, Mexico. En: *31st International Geological Congress*. Rio de Janeiro.
- _____. 2000b. Fossil vertebrates from the Miocene of Hidalgo, Mexico. En: *60th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology*. Mexico.
- Castillo-Cerón, J.M., M.A. Cabral-Perdomo y O. Carranza-Castañeda. 1996. *Vertebrados fósiles del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Castillo-Cerón, J.M. y O. Carranza. 1994. Primer registro fósil de la familia Anguillidae (Reptilia: Lacertilia), en Actopan, Hidalgo, México. *Revista de Investigación Pancromo* 23(1):19-25.
- Castillo-Cerón, J.M. e I. Goyenechea. 1997. Fossil anurans of Hidalgo, Mexico. En: *57th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology*. Chicago.
- Castillo-Cerón, J.M. y R. Hernández. 2007. Colección de Microvertebrados. En: *Colecciones del Centro de Investigaciones Biológicas*. J.M. Castillo-Cerón y J. Márquez-Luna (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 81-86.
- Castillo-Cerón, J.M. y A. Palma. 2009. Micromamíferos fósiles. En: *Los fósiles del estado de Hidalgo*. K.A., González-Rodríguez, M.C. Cuevas-Cardona y J.M. Castillo-Cerón (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 79-84.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. FCE/CONABIO, México.
- Cope, E.D. 1885. On loup fork in Mexico. *American Naturalist* 19:494-495.
- _____. 1886. Report on the coal deposits near Zacualtipán, in the state of Hidalgo, Mexico. *Proceedings of the American Philosophical Society* 23:146-151.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1978. Distribution of Cenozoic vertebrate faunas in Middle America and problems of migration between North and South America. *Boletín del Instituto de Geología-UNAM* 101:193-329.
- Fielitz, C. y K.A. González-Rodríguez. 2008. A new species of *Ichthyotringa* from El Doctor Formation (Cretaceous), Hidalgo, México. En: *Mesozoic Fishes 4 - Systematics, Homology, and Nomenclature*. G. Arratia, H.P. Schultze y M. Wilson (eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Alemania, pp. 373-388.
- _____. 2010. A new species of *Enchodus* (Aulopiformes: Enchodontidae) from the Cretaceous (Albian to Cenomanian) of Zimapán, Hidalgo, México. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30(5):1343-1351.
- Freudenberg, W. 1910. Die Säugetierfauna des Pliocäns und Postpliocäns von Mexiko. I. Carnivoren. *Geologische und Paläontologische Abhandlungen* 9(3):195-231.
- _____. 1922. Die Säugetierfauna des Pliocäns und Postpliocäns von Mexiko. II. Teil: Mastodonten und Elefanten. *Geologische und Paläontologische Abhandlungen* 14(3):103-176.
- González-Rodríguez, K.A., L. Espinosa-Arrubarrena y G. González-Barba. 2013a. An overview of the Mexican fossil fish record. En: *Mesozoic Fishes 5 - Global Diversity and Evolution*. G. Arratia, H.P. Schultze y M. Wilson (eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Alemania, pp. 9-34.
- González-Rodríguez, K., H.P. Schultze y G. Arratia. 2013b. Miniature armored teleosts from the Albian-Cenomanian (Cretaceous) of Mexico. En: *Mesozoic Fishes 5 - Global Diversity and Evolution*. G. Arratia, H.P. Schultze y M. Wilson (eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Alemania, pp. 457-487.
- González-Rodríguez, K. y C. Fielitz. 2008. A new species of acanthomorph fish from the Upper Cretaceous Muhi Quarry, Hidalgo, Central México. En: *Mesozoic Fishes 4 - Systematics, Homology and Nomenclature*. G. Arratia, H.P. Schultze y M. Wilson (eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Alemania, pp. 399-411.
- _____. 2009. Los peces fósiles. En: *Los fósiles del estado de Hidalgo*. K.A. González-Rodríguez, C. Cuevas-Cardona y J.M. Castillo-Cerón (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 65-78.
- González-Rodríguez, K.A., C. Fielitz, V.M. Bravo-Cuevas y R.E. Baños-Rodríguez. 2016. Cretaceous osteichthyan fish assemblages from Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 71:107-119.

- Hassig, R. 2006. *Mexico and the Spanish conquest*. University of Oklahoma Press, Estados Unidos.
- Juárez-Arriaga, E. 2009. *Formación Atotonilco El Grande. Léxico Estratigráfico de México*. Servicio Geológico Mexicano, México.
- Juárez-Arriaga, E. e I. López-Palomino. 2009. *Formación Taran-go. Léxico Estratigráfico de México*. Servicio Geológico Mexicano, México.
- López Ramírez, M.C., G. Guzmán-García, M.C. Hernández-Nava et al. 2002. Tortugas pleistocénicas del estado de Hidalgo, México. En: *viii Congreso Nacional de Paleontología*. Sociedad Mexicana de Paleontología, Guadalajara.
- Müllerried, K.G. 1939. Apuntes paleontológicos y estratigráficos sobre el Valle del Mezquital, estado de Hidalgo. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 1(2):225-255.
- Nájera-Hernández, L. 2007. *Patrones de distribución de la familia Testudinidae del Pleistoceno-Holoceno de América del Norte y descripción taxonómica de algunos fósiles del estado de Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Ortiz-Caballero, O. 2016. *Hábito alimentario del género Mam-muthus (Mammalia: Proboscidea, Elephantidae) del Pleisto-ceno del centro y sur de México: Un análisis de microdesgaste*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Palma, A., A.L. Martínez-García y J.M. Castillo-Cerón. 2011. Roedores pleistocénicos de dos localidades de la región centro del estado de Hidalgo, México. En: *Paleontología y dinosaurios desde América Latina*. J. Calvo, J. Porfiri, B. González-Riga y D. Dos-Santos (eds.). Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina, pp. 187-194.
- Rojas-Martínez, A.E., S. Lombera-Nopal, V. Canales Almaraz et al. 2014. Confirmation of distribution of *Notiosorex crawfordi* in Hidalgo, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 30(1):226-231.
- Santillán-Badillo, V. y J.M. Castillo-Cerón. 2004. Vértebras fósiles conferidas al género *Crotalus* del Pleistoceno del estado de Hidalgo. En: *x Congreso Nacional de Paleontología*. Sociedad Mexicana de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. 1972. *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas*. Publicada el 6 de mayo de 1972 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 16 de febrero de 2018.
- Schultze, H.P. y K.A. González-Rodríguez. 2016. Actinistian gular plates from the Cretaceous of Mexico and the problems assigning gular plates taxonomically. *Fossil Record* 19:101-117.
- Yta, M., J. Galván-Chávez, R. Esparza-Contreras y Moreno-Tovar. 1999. *Carta metalogénica-Geológico-Estructural. Estado de Hidalgo, escala 1:250 000*. Servicio Geológico Mexicano, México.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Los amonites del Jurásico inferior de Hidalgo: provincialismo y diversidad

Carlos Esquivel Macías, Kinardo Flores Castro, Màrius Ramírez Cardona y Rita Gabriela León-Olvera

Introducción

Los amonites fueron moluscos cefalópodos (orden Ammonoidea, figura 1) cuyos últimos representantes se extinguieron hace 65 millones de años. Sus conchas espirales son similares a las de otros cefalópodos vivientes como los nautilus (orden Nauti-

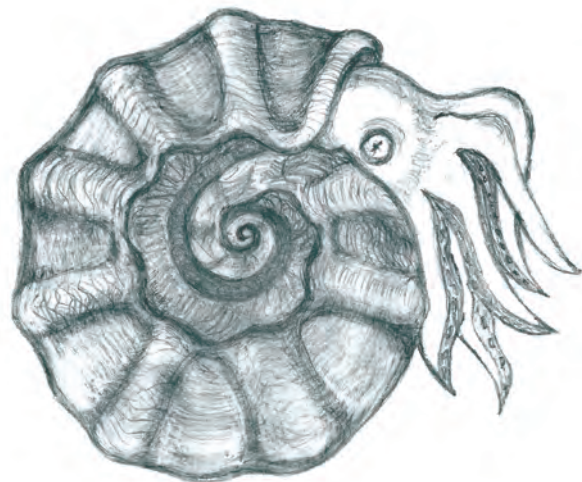


Figura 1. Aspecto general de un amonite. Ilustración: Kinardo Flores Castro.

loidea), y están entre los fósiles marinos más reconocibles de todas las eras geológicas y útiles para estudios evolutivos, paleo-ecológicos y estratigráficos, entre otros (Monks y Palmer 2002). La diferencia con los nautilus se debe a que los amonites se enrollan sobre su dorso y exponen su vientre, al contrario de los nautilus. Esto significa que ambos tuvieron conchas rectas (ortoconos) durante el periodo Ordovícico, hace 490 millones de años (figura 2). Sus parientes vivientes más cercanos son los pulpos, y es importante distinguirlos de los gasterópodos (caracoles), que carecen de subdivisión interna de la concha.

No obstante que los cefalópodos ordovícicos crecían hasta 3 m, su distribución se limitaba al fondo marino; así, la estrategia evolutiva que les permitió dominar los mares durante 400 millones de años fue compactarse mediante el enrollamiento de la concha, llenando de aire sus cámaras internas para regular su flotabilidad. De esta forma, los amonites ocuparon la columna de agua como predadores, filtradores, herbívoros, carroñeros y otros hábitos. Estas adaptaciones les dieron la capacidad para trascender barreras oceanográficas y ampliar

Esquivel Macías, C., K. Flores-Castro, M. Ramírez Cardona, R.G. León-Olvera. 2021. Los amonites del Jurásico inferior de Hidalgo: provincialismo y diversidad. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 136-144.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

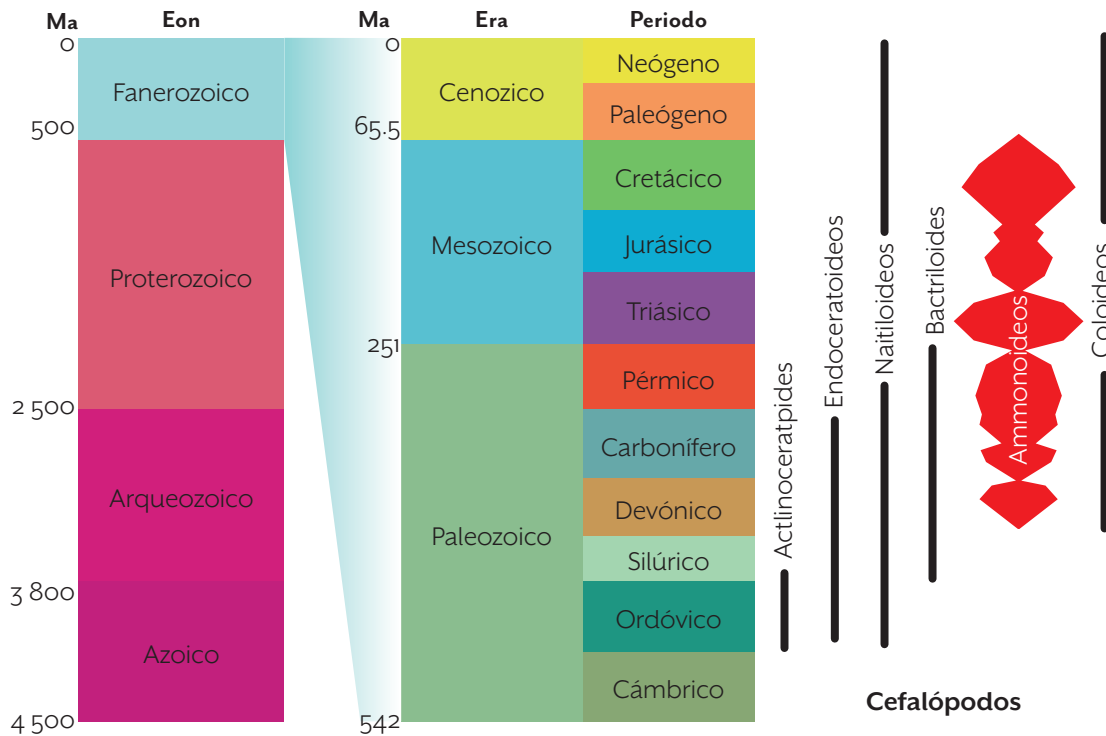


Figura 2. Columna geocronológica. Se ilustra la utilidad de los amonites y otros cefalópodos en la medición del tiempo geológico. En la gráfica de la derecha se aprecian, mediante el grosor de la figura, los cambios de diversidad y extinciones de los amonoideos. Ma: millones de años. Fuente: elaboración propia.

su distribución. Llama la atención el provincialismo¹ entre los amonites (Dommergues *et al.* 2010), lo que hace pensar en la existencia de barreras geográficas que separaron poblaciones para después conformar diferentes especies.

Gracias al nutrido registro fósil de estos organismos, se tiene información en diversos periodos geológicos (desde el Devónico hasta el Cretácico), lo que los ha convertido en los mejores indicadores para determinar edades geológicas; a partir de estos datos se puede estudiar la evolución y localización de recursos mediante estratigrafía (figura 2), así como la paleoecología y cambio climático con base en la morfología funcional de la concha (Eldrege 1996). Además, los amonites contribuyen a la

mitología de civilizaciones enteras. En la actualidad, en diferentes localidades hidalgüenses hay personas que bautizan a estos fósiles como soles, virgen-citas o figuritas (figura 3), y se venden como curiosidad; incluso, motivan la fundación de capillas en sitios fosilíferos, donde se venera la comprensible semejanza superficial del fósil con la imagen de la virgen María.

Rocas con amonites en Hidalgo

En México se tiene registro de numerosas formaciones rocosas con amonites pertenecientes al Jurásico inferior (Burkhardt 1930, Erben 1956, Blau *et al.* 2001, 2003, 2008, Meister *et al.* 2002, 2005), que reflejan

¹ El término provincialismo indica la medida en que algún grupo de seres vivos (familia o género) queda aislado, produciendo diversificación de especies en función de barreras físicas o geográficas, cuyos límites denotan una provincia o región bajo alguna clasificación formal. Por ejemplo, los amonites de la familia Echioceratidae del Jurásico inferior desarrollaron una alta diversidad de especies en una paleoprovincia, que se denomina reino Tetisiano occidental, dentro de una subcuena, en este caso la paleocuena Huayacocotla.

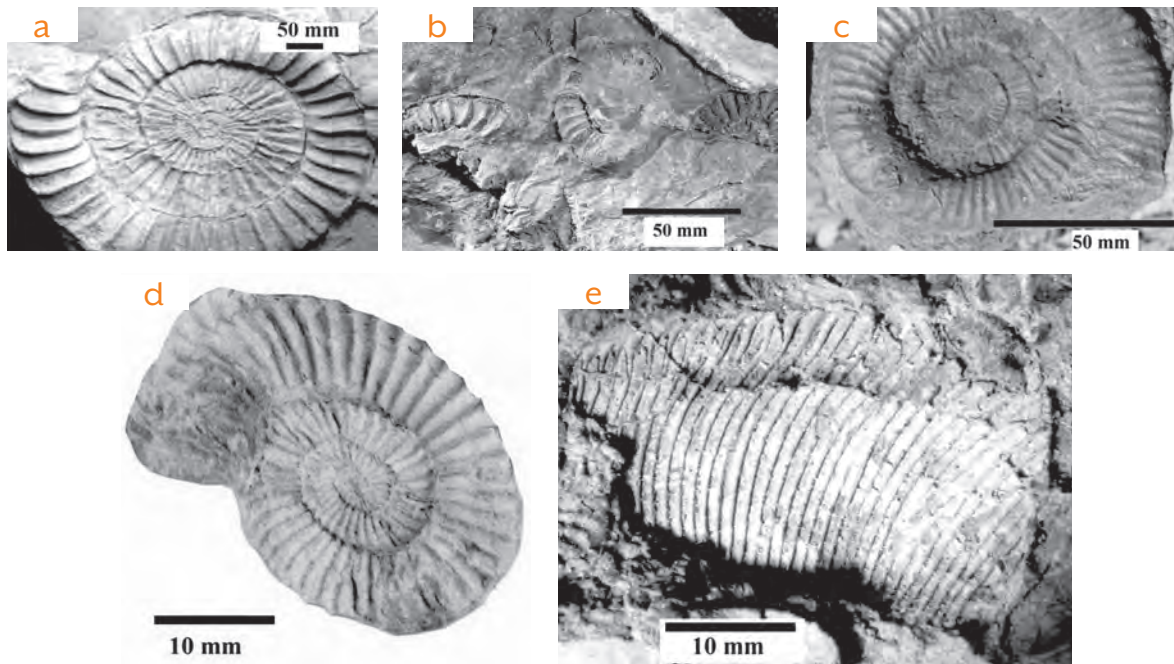


Figura 3. Ejemplos de amonites de la fauna de Huayacocotla: a) *Paltechioceras* aff. *mexicaum*; b) *Ortechioceras jamesdanae*; c) *Paltechioceras hardbledownense*; d) *Paltechioceras rothpletzi*; e) *Phylloceras* sp. Fotos: Carlos Esquivel Macías.

la historia de los mares mexicanos. La formación Huayacocotla es la más representativa, y toma su nombre de la población homónima en el límite con Veracruz (Erben 1956), aunque es en la sierra Otomí-Tepesua (Hidalgo) donde se observa mejor.

Las rocas de la formación Huayacocotla (figura 4) han sido estudiadas desde el siglo XIX (Félix y Lenk 1899), y tienen indicios de hidrocarburos fósiles originados en mares con alta productividad orgánica y fondos anóxicos (con ausencia de oxígeno). La evidencia de tales condiciones ambientales se presenta en los fósiles de amonites, ya que es necesaria la condición anóxica para que sus restos permanezcan tiempo suficiente y formen moldes en el sedimento (Dodd y Stanton 1990, Martin 1999).

Los amonites cuentan la apertura del golfo de México y del océano Atlántico

Las rocas de la formación Huayacocotla representan un ambiente sedimentario típico del proceso de choque de los continentes antiguos (figura 5), lo que ocurrió a fines del periodo Pérmico (figura 2).

Posteriormente, los continentes comenzaron a ubicarse en sus posiciones actuales, a partir del Triásico y Jurásico inferior, al mismo tiempo que se abrían el golfo de México (hace 120 millones de años) y el Atlántico (hace 90 millones de años; Ochoa-Camarillo 1997, Keppie 2004). Dichos episodios se documentan con amonites y bivalvos que se dispersaron desde el océano Pacífico hacia las cuencas marinas que hoy representan el mar Mediterráneo y el océano Atlántico (mar de Tetis, paleoprovincia Tetisiana occidental, según Westerman 2000; figura 5), atravesando México por donde hoy se encuentra Hidalgo.

Esta vía marina comunicaba el océano Pacífico con Europa noroccidental, Noráfrica y México por medio de subcuencas, entre ellas la Lusitana (hoy Portugal), la Europea-Nororiental (hoy sur de Inglaterra y Alemania), la de Newfoundland (hoy noreste de Canadá y Escocia) y la Huayacocotla (hoy centro oriente de México; Westermann 2000). Así, durante el Jurásico inferior, la paleocuenca Huayacocotla fue parte del corredor marino entre el paleopacífico y el entonces mar de Tetis (figura 5), lo que favoreció la riqueza de amonites en el área, mismos que se correlacionan con faunas de



Figura 4. Rocas fosilíferas de la formación Huayacocotla. Foto: Carlos Esquivel Macías.

Sudamérica, Norteamérica e incluso Vietnam (Hillebrandt 1981, Pálfy *et al.* 1994, Meister *et al.* 2005, Dommergues *et al.* 2010).

Posible causa de endemismo en amonites

Las condiciones paleogeográficas antes descritas propiciaron una intensa especiación, con lo que también se favorecieron procesos de endemismo² en los amonites del Jurásico inferior (Erben 1956). Un ejemplo de la amplia diversidad de amonites en la franja que comunicaba al océano Pacífico con el entonces mar de Tetis es la biozonación³ del Sinemuriano superior, donde se aceptan 41 horizontes (correspondiente a las divisiones más finas en que se puede dividir el tiempo geológico) definidos sólo con especies de amonites (figura 6).

Si se considera que el endemismo es producto del aislamiento entre las áreas (Dommergues *et al.* 2010), el endemismo del Sinemuriano en las paleocuenas europeas tetisianas debería ser muy alto, sobre todo durante el periodo en el que la comunicación con el Pacífico era escasa. Sin embargo, el endemismo es mayor en la paleocuenca Huayacocotla, lo que sugiere el aislamiento entre ésta y Europa (Tetis). Posteriormente, la comunicación intermitente de Europa con el Pacífico—por medio de la paleocuenca Huayacocotla— influyó en el endemismo de la familia Echioceratidae, hacia el final del Sinemuriano.

La clave para entender el paso de faunas por la paleocuenca Huayacocotla es la interrupción de su registro fósil durante un tiempo conocido como la zona Obtusum, que es el lapso al inicio del Sinemuriano superior (Esquivel-Macías *et al.* 2017). Para Europa (Tetis) sí hay registro fósil completo durante

² Una especie endémica evoluciona en una región bien delimitada y la distingue de otras adyacentes por su originalidad específica; por ello, el endemismo es un indicador de la biodiversidad en las regiones.

³ Conjunto de rocas sedimentarias que se caracteriza por la presencia de fósiles de determinado taxón o taxones, formando un estrato/horizonte definido.

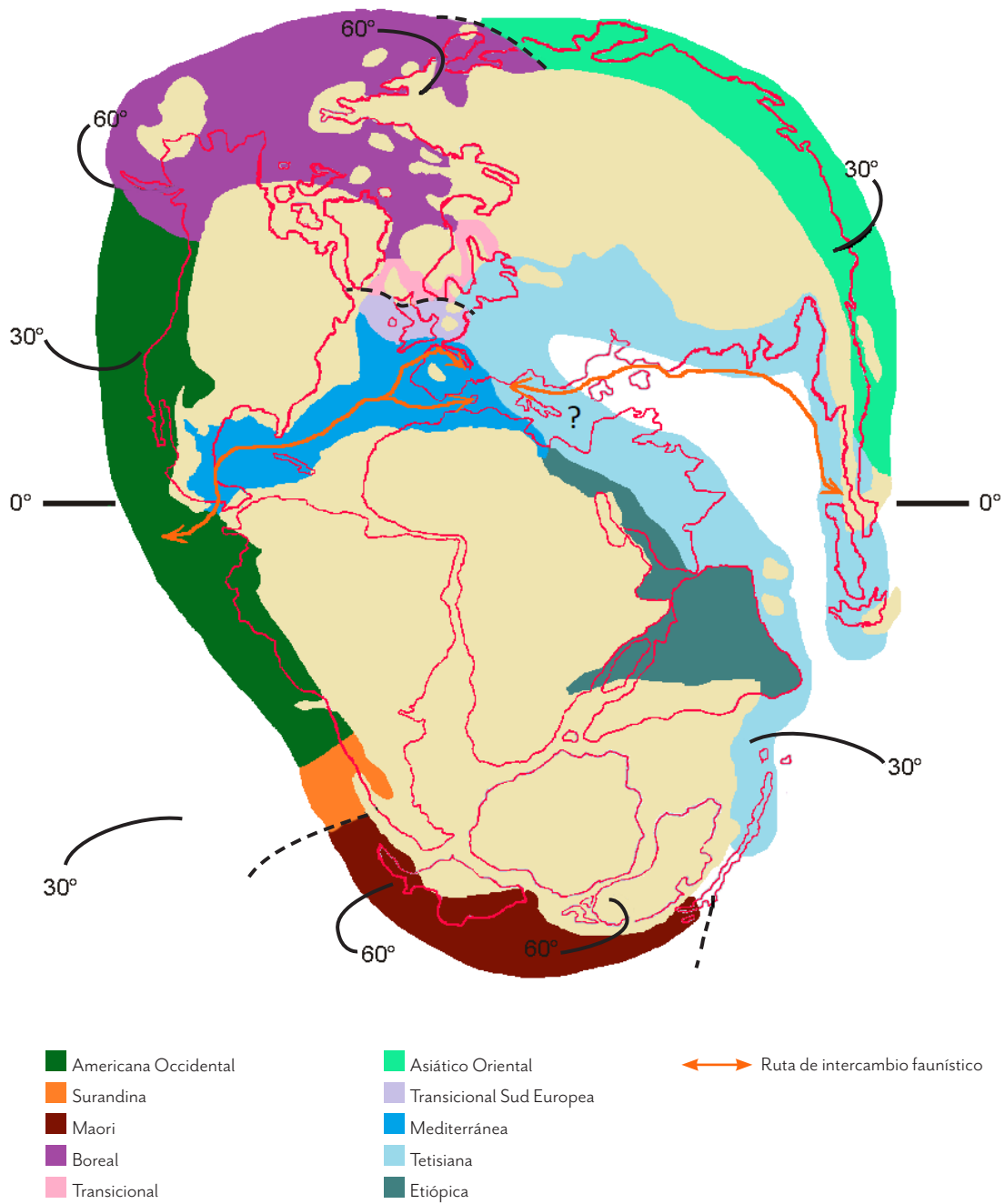


Figura 5. Geografía del Jurásico donde se aprecian las zonas paleobiogeográficas (biocoremas). Se aprecia la cercanía de los continentes durante el Jurásico, aún bajo el régimen de Pangea. Fuente: modificada a partir de Damborenea y Manceñido 1979.

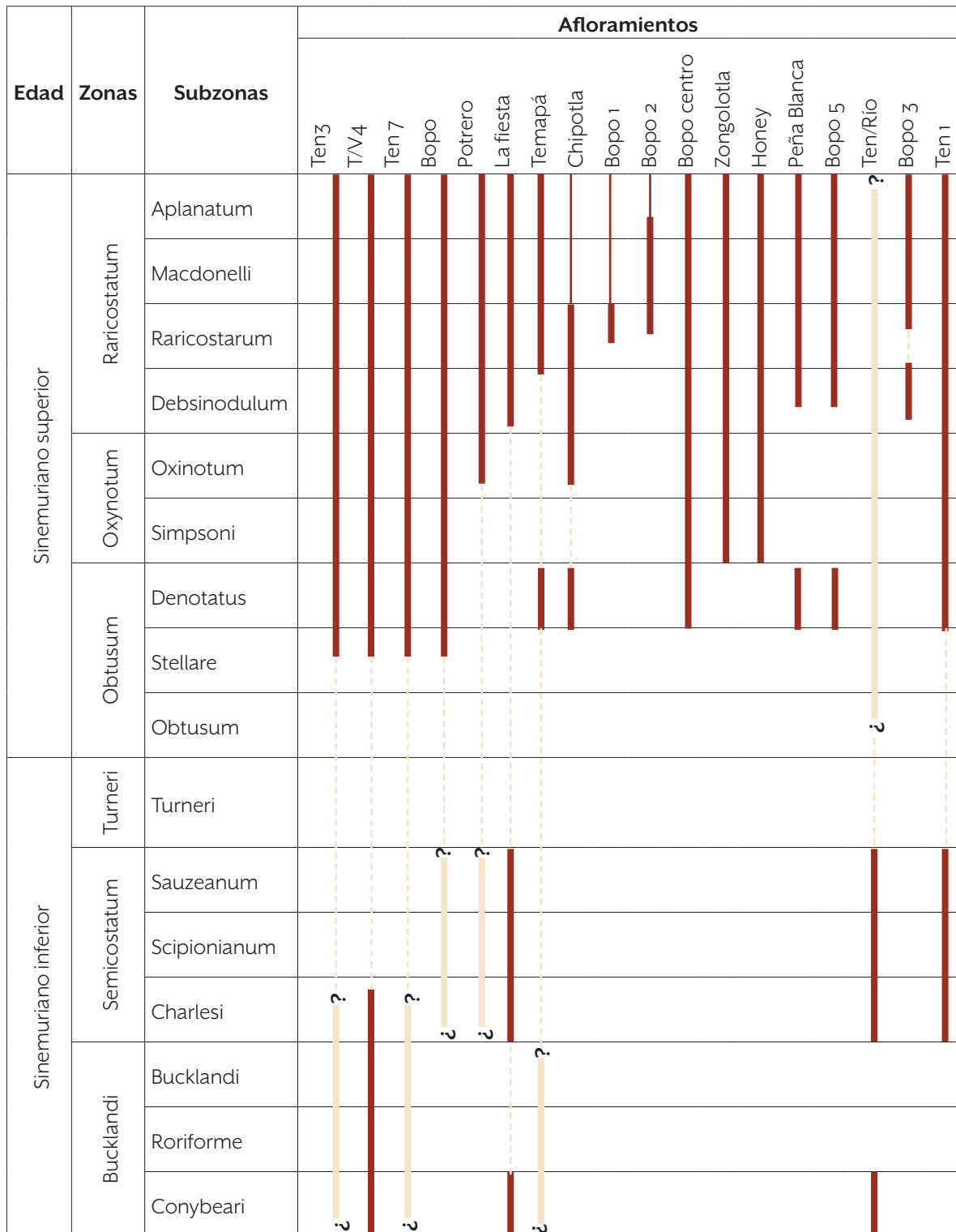


Figura 6. División del Sinemuriano en zonas y subzonas faunales, discutidas en este trabajo. Por medio de barras oscuras se presenta el rango estratigráfico de cada afloramiento de la formación Huayacocotla conforme al registro del total de su fauna de amonites. Las líneas punteadas que continúan desde las barras representan ausencia de registros de las mismas especies de fauna, lo que denota la ausencia de amonites entre las subzonas Turneri y Stellare. Las barras claras son presencias aún dudosas de amonites dentro de algunos afloramientos. Fuente: modificada a partir de Meister *et al.* 2005.

ese lapso, lo que implica que en algún momento en la paleocuenca Huayacocotla había paso de las faunas entre el Pacífico y Europa, y en otro momento se interrumpió (figura 5).

Una explicación pudiera ser que en ese momento existió una barrera alrededor de las aguas de la paleocuenca Huayacocotla, volviéndolas inhabitables (tóxicas) o inaccesibles (rodeadas por barreras físicas), lo que causó la desaparición total de su fauna durante el lapso Obtusum e impidió temporalmente que las especies se distribuyeran libremente entre Europa y el Pacífico. Específicamente pudo ocurrir un desecamiento temporal de la paleocuenca Huayacocotla, lo que habría evitado el paso de las faunas europeas hacia el Pacífico (Esquivel-Macías *et al.* 2017), aunque posteriormente las condiciones tectónicas habilitaran de nuevo la paleocuenca como corredor faunístico. El caso se puede ilustrar con la especie *Euerbenites corinnae*, reportada para el lapso Obtusum superior de Europa, pero presente más tarde en la zona Raricostatium de Hidalgo (figura 6), lo que implica retardo de su dispersión desde Europa.

De acuerdo con Eldrege (1996), el Jurásico fue la época de mayor provincialismo en el reino Tetisiano Occidental (que incluye Europa occidental y México), a causa del cierre y apertura de cuencas durante la separación continental, lo que respalda la idea de la interrupción de intercambio de faunas durante la zona Obtusum en la cuenca Huayacocotla (figura 6).

Diversidad

En cuanto al provincialismo, si se consideran 18 afloramientos con fósiles de la formación Huayacocotla en Hidalgo, asignados al Sinemuriano superior con base en la zonación estándar europea (figura 6), se identifican las siguientes catorce especies de amonites considerados originarios o endémicos de México (Erben 1956, Blau *et al.* 2001, 2003, 2008, Meister *et al.* 2002, 2005): *Arnioceras geometricoides*, *A. bonnardioides*, *A. salasi*, *A. monjez-lopezi*, *Paltechioceras mexicanum*, *P. burckhardtii*, *Euerbenites bravoii*, *Ortechioceras pauper*, *O. incaguasiense*, *Ectocentrites* sp., *Vermiceras vinascoi*,

V. barcenae, *Echioceras huastecae* y *Euechioceras viejense*.

Por su parte, se identifican 12 especies de amonites compartidos con Europa en el mismo grupo de afloramientos (*Arnioceras ceratitoides*, *Metophioceras* sp., *Gleviceras* sp., *Ortechioceras jamesdanae*, *Oxynoticeras soemani*, *Paltechioceras tardecrescens*, *P. rothpletzi*, *P. harbledownense*, *P. burckhardtii*, *P. mexicanum*,⁴ *Plesechioceras cihuacoatlae* y *Proclivioceras proclive*); lo anterior denota que en el Sinemuriano de la formación Huayacocotla los endemismos superan a los elementos compartidos con Europa.

También es importante destacar la diferencia bioestratigráfica (de presencia de amonites) entre Hidalgo y Europa: en los 18 afloramientos fosilíferos de la formación Huayacocotla se registran ocho especies exclusivas de zona Bucklandi (*Arnioceras ceratitoides*, *A. miserabile*, *Juraphyllites nardii*, *Metophioceras conybeari*, *M. molineroi*, *M. anaberthae*, *Calliphylloceras* sp. y *Partschiceras* sp.), aunque esta fauna se había considerado del Sinemuriano superior zona Raricostatium para los registros encontrados en Europa (Esquivel-Macías *et al.* 2017). Al respecto, cabe señalar que una consideración más detenida en algunos afloramientos de Hidalgo (Temapá, La fiesta o Bopo), deja ver que estas faunas se encuentran repartidas en varios momentos del tiempo geológico.

La fauna del Sinemuriano inferior (Bucklandi) mezclada con la del Sinemuriano superior (Raricostatium) revela el provincialismo, porque es evidente que estos organismos no pueden ser simultáneamente exclusivos de dos momentos distintos. La discrepancia impide que los estudios europeos (zonación estándar) se apliquen a la formación hidalguense Huayacocotla, porque los amonites del Sinemuriano superior (Raricostatium) podrían provenir del Sinemuriano inferior de México (Obtusum). Al parecer los amonites de la familia de los equiocerátidos del tiempo Bucklandi u Obtusum habrían salido de la cuenca marina que hoy llamamos Huayacocotla, y se dispersaron hacia Europa durante el Sinemuriano superior. El resultado es que la diversidad durante el Sinemuriano superior en Huayacocotla combina faunas endémicas y com-

⁴ *P. burckhardtii* y *P. mexicanum* se incluyen como endémicos ya que en México se presentan en un tiempo anterior al que se presentan en Europa, y con ello se identifica la ruta de expansión de esta fauna.

partidas, por lo que la diversidad es mayor que en el Paleo-Pacífico o en Europa. Es evidente que el centro de México ya era megadiverso desde entonces.

Reflexión final

Para entender mejor cómo funciona la dispersión biogeográfica y explicar por qué México es tan megadiverso, son extremadamente útiles los estudios de caso como el presente. La megadiversidad mexicana actual se alimenta de casos aparentemente contradictorios de distribución de faunas y floras; esto incluye el aspecto marino y el terrestre. El caso del Sinemuriano de Hidalgo y sus amonites se repite con amonites de otras edades, y es necesario continuar estudiándolos para comprender mejor como funcionó la integración de las faunas actuales. Para lograr dicho objetivo es recomendable considerar estos vestigios fósiles como parte de la biodiversidad, y por lo tanto parte de nuestro patrimonio natural; para ello sería útil legislar sobre la extracción y comercialización de estos materiales, lo cual ocurre intensamente, provocando la pérdida de esta valiosa evidencia evolutiva.

Los amonites jurásicos son fácilmente extraíbles; la mayoría se destruyen con facilidad, y los que no, son separados de su contexto geológico, con lo que desaparece evidencia insustituible de los procesos que se han abordado aquí. Dicho problema ocurre con frecuencia; por ejemplo, dado que estas rocas son muy blandas, es fácil triturarlas con maquinaria de construcción para rellenar zanjas y revestir caminos, lo que acelera su destrucción. Un caso particular es la extracción que se hace de estos materiales en los límites entre Hidalgo y Puebla,

en la localidad La Trinidad (municipio Honey), donde se extraen diariamente cientos de toneladas del sedimento y roca que contiene los fósiles, y no parece haber ninguna restricción al respecto (obs. pers.), lo que además destruye la cubierta de bosque mesófilo y selva tropical subcaducifolia que coincide en distribución con los afloramientos del Jurásico inferior en la Sierra Madre Oriental.

La propuesta más viable para incidir en el comercio informal de estos materiales es revitalizar la creación de la ley nacional de restos fósiles que se propuso a la cámara de diputados, hace ya décadas, por miembros de la comunidad científica del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, y que nunca se discutió y mucho menos aprobó, para poder categorizar a los fósiles por su importancia. Ello normaría su uso y comercialización en función de su utilidad científica. No basta considerar a los fósiles bajo un mero esquema prohibitivo asociado a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (SEP 1972), que es la manera en que actualmente están normados; para fines prácticos dicha reglamentación está completamente rebasada.

La megadiversidad mexicana, basada en los efectos de provincialismo y el resultante endemismo, es un caso antiguo, que se potencia por la posición geográfica que ha tenido México desde tiempos geológicos remotos, entre Norteamérica y Sudamérica, y entre los dos océanos más importantes, lo cual hace del presente un ejemplo de los procesos naturales que hicieron a México un reservorio de especies. Como toda la biodiversidad, este caso tiene causas irrepetibles.

Referencias

- Blau, J., C. Meister, R. Schlatter y R. Schmidt-Effing. 2001. Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México), Part II: *Erbenites* n.g., a new Asterooceratinae. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 3:175-183.
- . 2003. Ammonites from the lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México), Part III: Echioceratinae. *Revue de Paleobiologie* 22(1):421-437.
- Blau, J., C. Meister, R. Schmidt-Effing y A.B. Villaseñor. 2008. A new fossiliferous site of Lower Liassic (Upper Sinemurian), marine sediments from the Southern Sierra Madre Oriental (Puebla, México), ammonite fauna, biostratigraphy, and description of *Ectocentrites hillebrandti* new species. *Revisita Mexicana de Ciencias Geológicas* 25(3):402-407.
- Burckhardt, C. 1930. Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicain. *Mémoires de la Société Paléontologique Suisse* 49(50):1-280.
- Damborenea, S. y M. Manceñido. 1979. On the palaeogeographical distribution of the pectinid genus *Weyla* (Bivalvia, Lower Jurassic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 27:85-102.

- Dodd, J.R. y R.J. Stanton. 1990. *Paleoecology concepts and application*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Dommergues, J.L., C. Meister y R.B. Rocha. 2010. The Sinemurian ammonites of the Lusitanian Basin (Portugal), an example of complex endemic evolution. *Paleodiversity* 3:59-87.
- Eldredge, N. 1996. Ammonoids do it all. En: *Ammonoid Paleobiology*. N.H. Landman, K. Tanabe y R.A. Davis (eds.). Plenum Press, Nueva York, pp. 11-12.
- Erben, H.K. 1956. El Jurásico Inferior de México y sus Amonitas. En: *Memorias del xx Congreso Geológico Internacional*. UNAM, México.
- Esquivel-Macías, C., R.G. León-Olvera y K. Flores-Castro. 2017. Paleoenvironment and biostratigraphy of the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) of the Huayacocotla Formation in East-Central Mexico. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geología* 69(3):239-270.
- Félix, J. y H. Lenk. 1899. *Beiträge zur Geologie und Paläntologie der Republik Mexico*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Alemania.
- Hillebrandt, A. Von. 1981. Faunas de amonitas del Liásico Inferior y Medio (Hettangiano hasta Pleisbachiano) de América del sur (excluyendo Argentina). En: *Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, vol. 2*. W. Volkheimer y E.A. Musacchio (eds.). Comité Sudamericano del Jurásico, Argentina, pp. 499-537.
- Keppie, D. 2004. Terranes of Mexico revisited: a 1.3 billion year odyssey. *International Geology Review* 46:765-794.
- Martin, R.E. 1999. *Taphonomy: a process approach*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Meister, C., J. Blau, R. Schlatter y E. Schmidt-Effing. 2002. Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part II: Phylloceratoidea, Lytoceratoidea, Schloteimiidae, Arietitinae, Oxinoticeratidae, and Eoderoceratidae. *Revue de Paleobiologie* 21(1):391-409.
- Meister, C., J. Blau, J.L. Domergues et al. 2005. Ammonites from the Lower Jurassic (Sinemurian) of Tenango de Doria (Sierra Madre Oriental, México). Part IV: Biostratigraphy, palaeobiogeography and taxonomic addendum. *Revue de Paleobiologie* 24(1):365-384.
- Monks, N. y P. Palmer. 2002. *Ammonites. The Living Past series*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Ochoa-Camarillo, H.R. 1997. Geología del Anticlinorio Huayacocotla en la región de Molango, Hidalgo, México. En: *Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados. Libro-Guía de las excursiones geológicas, Excursión 1*. A. Gómez Caballero y M. Alcayde Orraca (eds.). Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra-UAEH/ Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 1-17.
- Pálffy, J., P.L. Smith y H.W. Tipper. 1994. Sinemurian (Lower Jurassic), ammonoid biostratigraphic of the Queen Charlotte Islands, Western Canada. *Geobios* 17:385-393.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. 1972. *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas*. Publicada el 6 de mayo de 1972 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 16 de febrero de 2018.
- Westermann, G.E. 2000. Marine faunal realms of the Mesozoic: review and revision under the new guidelines for biogeographic classification and nomenclature: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 163(1-2):49-68.



Diversidad biológica de bosques templados

Raúl Ortiz-Pulido, Aurelio Ramírez-Bautista, Alberto Enrique Rojas-Martínez, Arturo Sánchez-González, Adriana Beatriz Ortiz-Quijano, Jesica Bravo Cadena, Juan Márquez Luna y Julieta Asiain Alvarez

Introducción

En México los bosques templados se localizan comúnmente por arriba de los 1 500 y 2 000 msnm, en la zona ecológica templada sub-húmeda (Tolledo y Ordoñez 1998), caracterizada por un clima de estacionalidad marcada, con inviernos fríos con lluvias escasas y veranos cálido-húmedos (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001). Incluyen diversos tipos de vegetación, como bosques de encino (*Quercus* spp.), bosques de coníferas como pino (*Pinus* spp., figura 1), oyamel (*Abies* spp.) y cedro (*Cupressus* spp.), además de bosques mixtos de pino-encino (Rzedowski 1978).

En Hidalgo, los bosques templados ocupan 59.7% de la superficie forestal estatal, lo que corresponde a 39.3% de toda la extensión del territorio hidalguense (SEMARNAT 2015). Se distribuyen principalmente en la Faja Volcánica Transmexicana (en el centro y oeste del estado) y en la Sierra Madre Oriental (principalmente en el norte y este de la entidad); así como en pequeños fragmentos remanentes en montañas aisladas de la altiplanicie central mexicana, como la sierra de Pitos, al sur del estado (figura 2).

A pesar de su importancia económica y biológica (SEMARNAT 2015), hasta la fecha no se ha publicado un trabajo que resuma el conocimiento biológico sobre los bosques templados en el estado. A continuación, se describe de manera general la biodiversidad de los bosques templados de Hidalgo, haciendo hincapié en la riqueza biológica de plantas vasculares, escarabajos, anfibios, reptiles, aves y

mamíferos, como una contribución a su conocimiento y conservación a largo plazo. El bosque mesófilo de montaña no fue considerado, pues es tratado independientemente en otro capítulo de este libro.

Plantas vasculares

Desde el punto de vista florístico, la zona de bosques templados en Hidalgo es la más diversa, con alrededor de 3 896 especies (Villaseñor 2016), lo cual representa cerca de 74% de la flora estatal. En particular, sobresalen por su riqueza la sierra de Pachuca (875 especies; Barrios-Rodríguez y Ramos-Rivera 2017), el Parque Nacional El Chico (alrededor de 600; Hernández 1995, CONANP 2003, Serrano 2010), el Parque Nacional Los Mármoles (518; CONANP 2007, Ramírez-Cruz *et al.* 2009), la sierra de Pitos (421; Benítez-Badillo 1984) y la sierra de Tezontlalpan (367; Equihua 1983). Por su parte, el Parque Nacional El Chico posee uno de los bosques relictos de oyamel (*A. religiosa*) más grandes de la cuenca del Valle de México, cuya importancia biológica fue reconocida desde 1898, cuando se decretó zona de reserva forestal (CONANP 2003).

En Hidalgo los bosques templados presentan especies en común, ya sea de origen tropical (neotropical), templado (neártico) o autóctono (Rzedowski 1978). El dosel suele estar dominado por especies de pino, oyamel o encino, pero con frecuencia coexisten con otras especies como aile (*Alnus acuminata*), madroño (*Arbutus xalapensis*),

Ortiz-Pulido, R., A. Ramírez-Bautista, A.E. Rojas-Martínez, A. Sánchez-González, A.B. Ortiz-Quijano, J. Bravo-Cadena, J. Márquez y J. Asiain. 2021. Diversidad biológica de bosques templados. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 145-154.

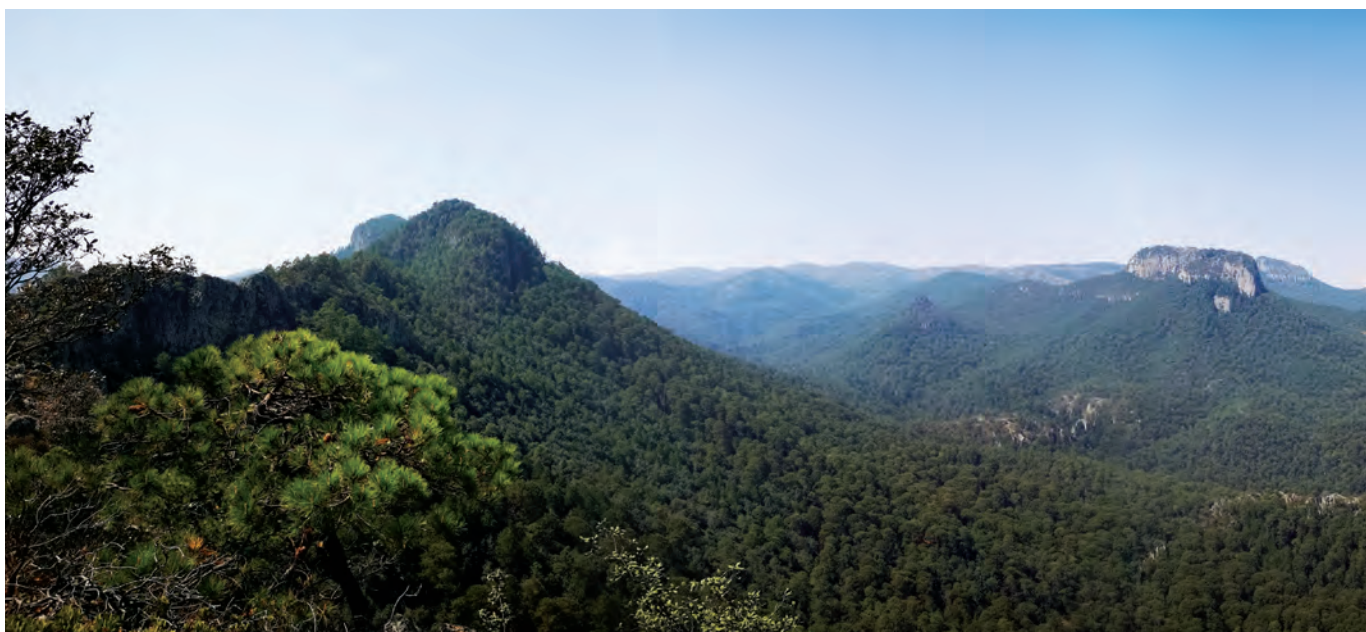


Figura 1. Bosque de pino, municipio Huasca. Foto: Jessica Bravo Cadena.

tepozán (*Buddleja parviflora*), tejocote (*Crataegus mexicana*), cedro (*Cupressus lusitanica*), cuauchichi o zapotillo (*Garrya laurifolia*), enebro o tascate (*Juniperus deppeana*), capulín (*Prunus serotina*), pinabete (*Pseudotsuga menziesii*), sauce (*Salix humboldtiana*) y tejo (*Taxus globosa*).

Pinos y encinos (géneros *Pinus* y *Quercus*, respectivamente) los árboles más representativos y económicamente importantes en estos ecosistemas, tienen centros de diversidad en México. En Hidalgo se distribuyen al menos 43 de las 161 especies de encinos (Valencia *et al.* 2017) y 12 de las 50 especies de pinos que existen en el país (Espinoza-Pelcastre *et al.* 2018). Son un recurso natural de gran importancia por la demanda de su madera, crecimiento relativamente rápido y por la extensa superficie que cubren en la entidad.

La riqueza de especies de árboles es relativamente baja, en particular en los bosques de coníferas. En cambio, la composición de especies herbáceas y arbustivas en el sotobosque es alta (figura 3; Rzedowski 1978, SEMARNAT 2015). En este último estrato destacan por su importancia ecológica y usos: hierba del carbonero (*Archibaccharis serratifolia*), manzanita (*Arctostaphylos pungens*), jarilla (*Baccharis conferta*), uña de gato o palo amarillo (*Berberis moranensis*), palo colorado (*Ceanothus coeruleus*),

limoncillo (*Cercocarpus macrophyllus*), huele de noche (*Cestrum anagyris*), aretillo (*Fuchsia microphylla*), damiana o cenicilla (*Helianthemum glomeratum*), helechos (*Asplenium* spp., *Pleopeltis* spp., *Polypodium* spp.), capulincillo (*Ribes ciliatum*), zarzamora (*Rubus pringlei*), mirto o trompetilla (*Salvia microphylla*), papa y tomate (*Solanum* spp.), hierba dulce (*Stevia salicifolia*), perlilla (*Symphoricarpos microphyllus*) y gallitos (*Tillandsia* spp.).

Algunas de las plantas características de los bosques de *Quercus* y de coníferas que se consideran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) son: lechillo (*Carpinus caroliniana*), manzanita (*Comarostaphylis discolor*), cedro (*Cupressus lusitanica*), laurel (*Litsea glaucescens*), mora (*Ostrya virginiana*), pino piñonero (*Pinus pinceana*), hayarín (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*), pinabete (*Podocarpus matudae*) y tejo mexicano (*Taxus globosa*).

Escarabajos

Los escarabajos son insectos coleópteros que pertenecen a la superfamilia Scarabaeoidea. En comparación con el resto de los coleópteros son los mejor conocidos. De acuerdo con Morón (2013), en México esta superfamilia está integrada por las familias



Lucanidae, Melolonthidae, Passalidae, Scarabaeidae y Trogidae. Scarabaeoidea está representada en Hidalgo por 315 especies, de las cuales una pertenece a Lucanidae, 181 a Melolonthidae, 20 a Passalidae, 109 a Scarabaeidae y cuatro a Trogidae (Deloya 2003, Reyes-Castillo y Boucher 2003, Asiain *et al.* 2017, Márquez *et al.* 2017a, b, Minor 2017). A nivel nacional, Hidalgo ocupa el sexto lugar en número de especies de Melolonthidae, el quinto en Passalidae y el cuarto en Scarabaeidae (Asiain *et al.* 2017, Márquez *et al.* 2017a, b). Para Lucanidae y Trogidae se desconoce el lugar que ocupa Hidalgo en cuanto a número de especies por estado.

En los bosques templados de Hidalgo se han registrado 121 especies de escarabajos de todas las familias indicadas arriba, lo que representa 38.4% del total de especies del estado. Considerando la distribución de Scarabaeoidea por tipo de vegetación, la mayor riqueza de especies se ha registrado en bosques de *Pinus-Quercus* (98 especies), seguida de bosques de *Quercus* (53), bosques de *Pinus* (24), *Abies* (15) y *Juniperus-Quercus* (12).

A nivel de familia, la distribución de especies por tipo de vegetación también varía. La única especie de Lucanidae que se ha registrado está en bosques de *Abies* y de *Pinus-Quercus*. Cincuenta y seis especies de Melolonthidae se han colectado en bosques

templados de Hidalgo (varias en más de un tipo de bosque), con 43 registradas en bosque de *Pinus-Quercus*, 23 en bosque de *Quercus*, 13 en bosque de *Pinus*, ocho en bosque de *Abies* y ocho en bosque de *Juniperus-Quercus*. De Passalidae se conocen 13 especies en los bosques templados, mismas que están distribuidas en bosque de *Quercus* (12 especies), bosque de *Pinus-Quercus* (11), bosque de *Pinus* (3) y de bosque de *Juniperus-Quercus* (1). De Scarabaeidae se conocen 49 especies en bosques templados (varias en más de un tipo de vegetación), de las cuales 43 especies se han registrado en bosque de *Pinus-Quercus*, 18 en bosque de *Quercus*, seis en bosque de *Pinus*, seis en bosque de *Abies* y tres en bosque de *Juniperus-Quercus*. Finalmente, solo dos especies de Trogidae se han registrado en los bosques templados, dentro del bosque de *Pinus* (Delgado y Márquez 2006, Asiain *et al.* 2017, Márquez *et al.* 2017a, b, Minor 2017).

Las especies de Scarabaeoidea de Hidalgo no están protegidas por las leyes nacionales o internacionales. Sin embargo, existen varias de ellas que requieren ser protegidas, debido a: 1) su talla grande y coloración, que las hace vulnerables al ser más visibles y llamativas para las personas; 2) ciclos de vida largos y reducida cantidad de huevos, lo que las hace vulnerables a factores que afecten su ciclo

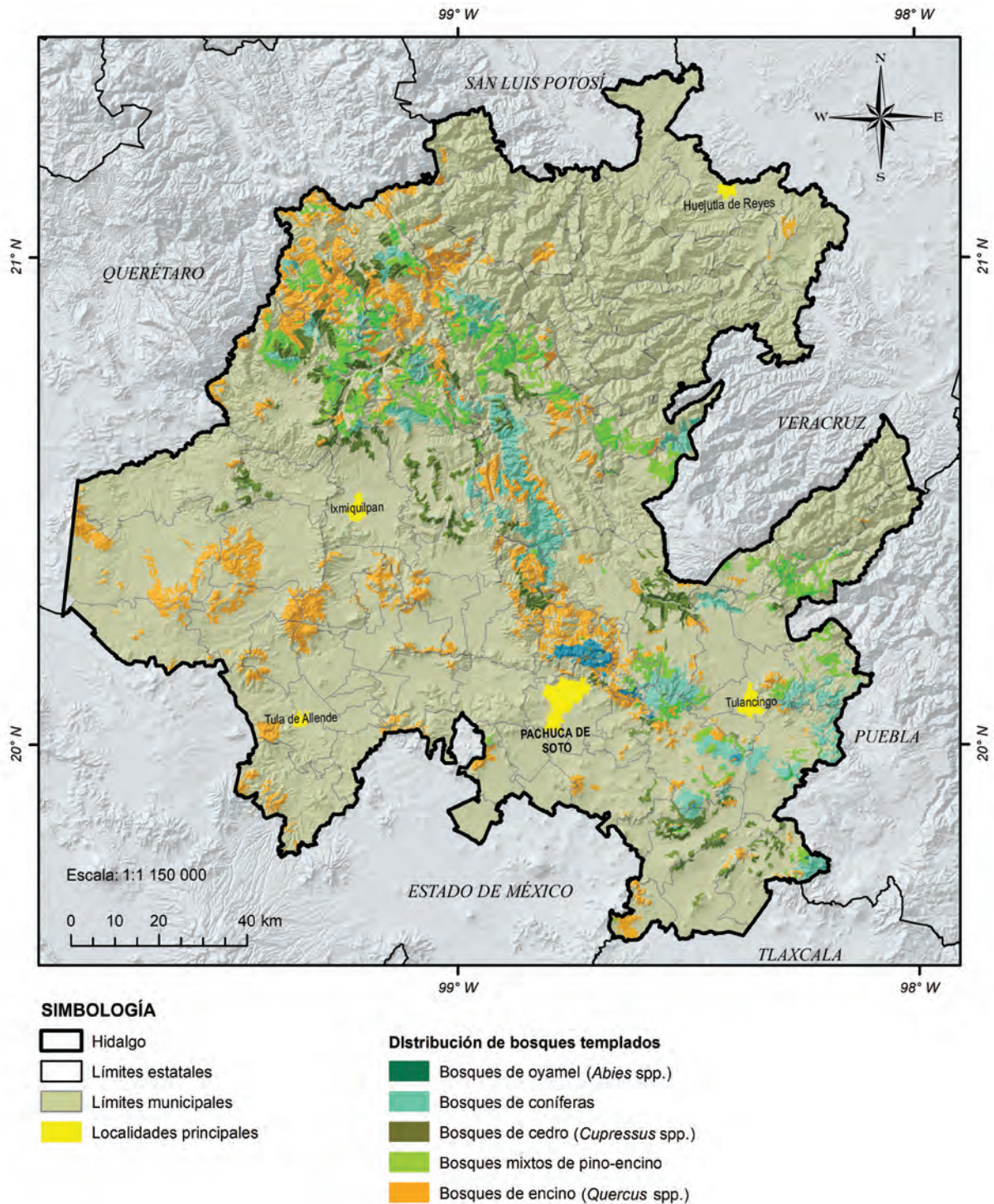


Figura 2. Distribución de los bosques templados en Hidalgo. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2016.

de vida; y 3) distintos grados de rareza (de hábitat, biogeográfica o demográfica) o papeles ecológicos importantes, como la descomposición de materia orgánica. Como ejemplos de lo anterior, de Melolonthidae están el escarabajo hércules mexicano (*Dynastes hyllus*), los escarabajos gema (*Plusiotis* spp.) y diversas especies de la subtribu Heterosternina (estas últimas son tan poco abundantes que no se conocen por algún nombre común); de Passalidae los escarabajos de la madera *Oileus nonstriatus* y *Yumtaax nebulosus*; y de Scarabaeidae el torito o estercolero cornudo *Phanaeus (Phanaeus) amethystinus* (Asiain *et al.* 2017, Márquez *et al.* 2017a, b).

Su conservación en los bosques templados de Hidalgo depende de la protección que se brinde a estos bosques, que desde hace años son talados –legal o ilegalmente– con fines de lucro. Un aspecto positivo para su conservación es la existencia de dos parques nacionales que incluyen bosques templados (El Chico y Los Mármoles; Delgado y Márquez 2006), y diversas áreas naturales protegidas de menor tamaño (Ramírez-Bautista *et al.* 2017b), donde dichas especies podrían ser conservadas a largo plazo.

Anfibios y reptiles

La riqueza de anfibios y reptiles para Hidalgo es bien conocida. Se han registrado 54 especies de anfibios y 140 de reptiles (Ramírez-Bautista *et al.* 2014, 2017a). Sin embargo, la cifra se puede incrementar debido al intenso trabajo de campo que han realizado varios grupos de investigación (Nieto-Montes de Oca *et al.* 2013, Lara-Tufiño *et al.* 2014, García-Castillo *et al.* 2017). Además, muchas especies presentes en la entidad son relevantes para la conservación, pues la mayoría son endémicas a México (Ramírez-Bautista *et al.* 2017a).

En general, los bosques templados de Hidalgo albergan una alta riqueza de especies de anfibios y reptiles: 50 y 119 especies respectivamente. Los ambientes más ricos en anfibios (ranas y salamandras) son el bosque de *Pinus-Quercus* (20 especies, 40%), bosque de *Quercus* (20, 40%) y bosque de *Pinus* (10, 20%). En cuanto a los reptiles escamados (lagartijas y serpientes), el bosque de *Pinus-Quercus* presenta mayor riqueza (48 especies, 40.3%), seguido del bosque de *Pinus* (36, 30.3%) y bosque de *Quercus*



Figura 3. Bosque con presencia de helechos, Agua Blanca. Foto: Jessica Bravo Cadena.

(35, 29.4%). Entre las especies que destacan por su distribución restringida se encuentran una salamandra (*Chiropterotriton dimidiatus*) y dos serpientes (*Ficimia olivacea* y *Geophis semidoliatus*).

Aves

La riqueza estatal asciende a 501 especies de aves (Ortiz-Pulido y Zuria 2017), lo que constituye cerca de 42% de las existentes en México (Berlanga *et al.* 2015). De ellas, 255 se han observado en los bosques templados del estado (239 especies en bosque de *Quercus* y 214 en bosques de coníferas; Martínez-Morales *et al.* 2007, Ortiz-Pulido y Zuria 2017), sin considerar a las especies de hábitos acuáticos. Estas especies están distribuidas en 44 familias y 14 órdenes.

En cuanto a su estatus de residencia a lo largo del año, dominan las especies residentes (170), que pasan todo el año en el territorio hidalguense; seguidas de las migratorias (62), que residen en el estado solo unos meses; las transitorias (19), que

Cuadro 1. Aves en bosques templados de Hidalgo consideradas en alguna categoría de riesgo.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM-059	UICN
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Accipiter bicolor</i>	Gavilán bicolor	A	
		<i>Geranospiza caerulescens</i>	Gavilán zancón	A	
		<i>Ictinia mississippiensis</i>	Milano de Mississippi	Pr	
		<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pecho canela	Pr	
		<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	Pr	
		<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	Pr	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Helimaster longirostris</i>	Colibrí picudo coroniazul	Pr	
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope purpurascens</i>	Pava cojolita	A	
	Odontophoridae	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma	Pr	
Passeriformes	Corvidae	<i>Aphelocoma unicolor</i>	Chara unicolor	A	
	Grallariidae	<i>Grallaria guatemalensis</i>	Hormiguero cholino escamoso	P	
	Parulidae	<i>Setophaga chrysoparia</i>	Chipe cachetes amarillos	P	EN
	Turdidae	<i>Ridgwayia pinicola</i>	Mirlo azteca	Pr	EN
		<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	A	
		<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	P	
		<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	Pr	
		<i>Catharus mexicanus</i>	Zorzal corona negra	Pr	
	Tyrannidae	<i>Contopus cooperi</i>	Papamoscas boreal		EN
	Vireonidae	<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell		NT
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium sanchezi</i>	Tecolote tamaulipeco	P	
		<i>Asio stygius</i>	Búho cara oscura	A	

Pr: Sujeta a protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción; EN: en peligro; NT: casi amenazada. Fuente: SEMARNAT 2010, UICN 2015.

solo recorren el estado en su camino hacia el sur o norte del continente, y las vagantes (ocho), que muy raramente son observadas en la entidad (Ortiz-Pulido y Zuria 2017). Es necesario aclarar que existen especies de aves que pueden tener dos o más tipos de estatus de residencia, por ejemplo, presentando una población residente y otra migratoria o una migratoria y otra transitoria, posiblemente condicionado por la gran movilidad de estos organismos y porque el área que abarca el estado se encuentra en los límites de dos grandes provincias, la Neártica y la Neotropical, donde los bosques templados se encuentran en contacto con ambas en una matriz orográfica muy accidentada.

Las aves que habitan los bosques templados del estado están resintiendo los efectos de cambios en el clima y en el uso del suelo, en especial aquellas en alguna categoría de riesgo (Bravo-Cadena 2010), y es posible que más de la mitad de la avifauna que habita estos ecosistemas esté en algún grado de peligro (Ortiz-Pulido 2018). Actualmente sólo 21 especies (cuadro 1) están consideradas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010) o la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2015); una de ellas sólo ha sido observada en bosques de coníferas, cuatro en bosques de *Quercus* y 16 habitan en ambos tipos de vegetación.



Figura 4. Pastizales ganaderos asociados a los bosques de encino, San Bartolo Tutotepec. Foto: Jessica Bravo Cadena.

Mamíferos

En cuanto diversidad de mamíferos, Hidalgo ha sido reconocido como un estado megadiverso (Mejenes-López *et al.* 2010, Rojas-Martínez *et al.* 2017). A nivel estatal se han registrado 147 especies de mamíferos silvestres con presencia probada, lo que coloca al estado en el sexto lugar a nivel nacional (Rojas-Martínez *et al.* 2017). En los bosques templados de Hidalgo se concentran 78 especies de mamíferos silvestres (correspondiente a 53% de las especies para el estado; Rojas-Martínez *et al.* 2017), las cuales pertenecen a ocho órdenes, 20 familias y 53 géneros. De este total, 19 especies son endémicas (nueve para México y 10 para Mesoamérica), lo que representa 52.7% de los mamíferos con endemismo registrados en todo el territorio hidalguense (Rojas-Martínez *et al.* 2017).

Los órdenes de mamíferos más abundantes son Rodentia (roedores, 30 especies), Chiroptera (murcié-

lagos, 24) y Carnívora (carnívoros, 17). Los roedores y los murciélagos en conjunto representan 69.2% de los mamíferos que habitan los bosques templados del estado. Los carnívoros también son un grupo sobresaliente; contribuyen a la estabilidad de estos ecosistemas, ya que son consumidores y ayudan a controlar el crecimiento poblacional de diversos vertebrados (Rojas-Martínez y Moreno-Ortega 2014). En este grupo se incluyen osos (*Ursus americanus*; Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013), jaguares (*Panthera onca*; Aguilar-López *et al.* 2015a) y pumas (*Puma concolor*; Rojas-Martínez *et al.* 2017), lo cual indica el adecuado estado de conservación de los bosques templados en serranías abruptas y extensas, así como en barrancas profundas (Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013, Aguilar-López *et al.* 2015b).

Nueve especies de mamíferos (11.4% del total) se encuentran en alguna categoría conforme a la NOM-059, tres murciélagos: magueyero menor (*Leptonycteris*

yerbabuena), trompudo (*Choeronycteris mexicana*) y hocicudo de la nieve (*Leptonycteris nivalis*); dos ratones: metorito de Xalapa (*Microtus quasiater*) y ratón trepador de Jico (*Habromys simulatus*); y cuatro carnívoros: ocelote (*Leopardus pardalis*), jaguar (*Panthera onca*), jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) y oso negro americano (*Ursus americanus*; SEMARNAT 2010, Rojas-Martínez et al. 2017).

Factores de presión

En México, los bosques templados se consideran entre los tipos de vegetación más importantes por su relevancia económica (SEMARNAT 2015) y biodiversidad. Sin embargo, actualmente existe una fuerte presión antrópica sobre ellos por el cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, aprovechamiento forestal desmedido y cacería furtiva; así como por el cambio climático, que ha incrementado la frecuencia de incendios, la aparición de plagas y enfermedades (figura 4).

Diferentes estudios han concluido que los bosques de *Quercus* y coníferas son los tipos de vegetación que recibirán el mayor impacto negativo debido al cambio climático (p.e. Martínez y Fernández 2004, Sáenz-Romero et al. 2010). En ellos se prevé que la temperatura media anual podría aumentar en más de 3.7°C en este siglo y que la precipitación anual podría disminuir 18.2%.

Referencias

- Aguilar-López, M., J. Ramos-Frías, A.E. Rojas-Martínez y C. Cornejo-Latorre. 2015a. First record of jaguar (*Panthera onca*) from the state of Hidalgo, Mexico. *Western North American Naturalist* 75(4):520-525.
- Aguilar-López, M., A.E. Rojas-Martínez, C. Cornejo-Latorre et al. 2015b. New records of vespertilionid bats in the state of Hidalgo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 60(2-3):275-279.
- Asiain, J., J. Márquez y P. Reyes-Castillo. 2017. Escarabajos de la familia Passalidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 375-387.
- Barrios-Rodríguez, M.A. y P. Ramos-Rivera. 2017. *Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México*. Versión 1.3. CONABIO, México.
- Benítez-Badillo, G. 1984. *Estudio florístico de la Sierra de los Pitos en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V.M Vargas-Canales et al. 2015. *Aves de México: lista actualizada de especies y nombres comunes*. CONABIO/NABCI, México.
- Bravo-Cadena, J. 2010. *Cambio climático global: efecto en algunas especies de aves en peligro en el estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (eds.). 2001. *Flora*

Conclusiones

Aunque en el estado se han creado estrategias para lograr la conservación de la biodiversidad en sus bosques templados, estas requieren reforzarse. Un ejemplo de dichas estrategias es el establecimiento de áreas naturales protegidas federales en zonas templadas, como son: el Parque Nacional El Chico, el Parque Nacional Los Mármoles, la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, y la gestión para el establecimiento de la región prioritaria para la conservación del Corredor Biológico del Bosque Mesófilo de Montaña en Hidalgo, Puebla y Veracruz; este último no fue decretado, y alberga una alta riqueza biológica, por lo que se recomienda continuar con los esfuerzos de conservación realizados para su establecimiento.

Es urgente fortalecer los planes de manejo para el aprovechamiento sustentable, ya que en estos bosques es en donde se realizan actividades de aprovechamiento forestal. De igual manera se requiere reforzar la vigilancia del cumplimiento normativo vinculado a estos bosques bajo manejo. Dentro de las áreas naturales protegidas es necesario fortalecer actividades de conservación y monitoreo de la diversidad biológica; actualmente se realizan actividades de investigación, monitoreo comunitario, conservación de suelo, control de plagas, entre otras. Al conservar los bosques templados de Hidalgo, se conservará una gran parte de la biodiversidad del estado.

- fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología A.C./CONABIO, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Conservación y manejo Parque Nacional El Chico*. SEMARNAT, México.
- . 2007. *Estudio previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende re-categorizar el Parque Nacional Los Mármoles como Área de Protección de Flora y Fauna*. SEMARNAT, México.
- Delgado, L. y J. Márquez. 2006. Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del Estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 22(2):57-108.
- Deloya, C. 2003. Familia Trogidae. En: *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae*. M.A. Morón (ed.). Argania Editio, España, pp. 125-133.
- Equihua, M.E. 1983. *Estudio florístico de la vertiente oriental de la sierra de Tezontlalpan en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Espinoza-Pelcastre, C., S. Hernández-León, D.S. Gernandt et al. 2018. Clave de identificación taxonómica con caracteres anatómicos foliares para especies de *Pinus* en Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(47):28-49.
- García-Castillo, M.G., S.M. Rovito, D.B. Wake y G. Parra-Olea. 2017. A new terrestrial species of *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from central Mexico. *Zootaxa* 4363(4):489-505.
- Hernández, M. 1995. *Estudio florístico-fanerogámico del Parque Nacional El Chico, estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. FES Iztacala-UNAM, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2016. *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie VI*. INEGI, México.
- Lara-Tuñiño, D., R. Hernández-Austria, L.D. Wilson et al. 2014. New state record for the snake *Amastridium sapperi* (Squamata: Dipsadidae) from Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(2):654-657.
- Márquez, J., M.A. Morón, J. Asiain y V. Vega. 2017a. Escarabajos de la familia Melolonthidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 347-373.
- Márquez, J., M.A. Morón, C. Moreno et al. 2017b. Escarabajos de la familia Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 389-412.
- Martínez, J. y A. Fernández. 2004. *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT/INE, México.
- Martínez-Morales, M.A., R. Ortiz-Pulido, B. de la Barrera et al. 2007. Hidalgo. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A.G. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva et al. CIPAMEX, Pachuca, pp. 49-95.
- Mejenes-López, S., M. Hernández-Bautista, J. Barragan-Torres y J. Pacheco-Rodríguez. 2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. *Therya* 1(3):161-188.
- Minor, P. 2017. New state records and updated checklist of Aphodiini and Eupariini (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae) from Mexico. *Zootaxa* 4244(4):493-514.
- Morón, M.A. 2013. Introducción al conocimiento de los escarabajos de Puebla. En: *Fauna de escarabajos del estado de Puebla*. M.A. Morón, A. Aragón-García y H. Carrillo Ruiz (eds.). Escarabajos Mesoamericanos A.C., Veracruz, pp. 1-27.
- Nieto-Montes de Oca, A., U.O. García-Vázquez, J.J. Zúñiga-Vega y W. Schmidt-Ballardo. 2013. A new species of *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) from the Sierra Gorda Biosphere Reserve of Querétaro, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2):485-498.
- Ortiz-Pulido, R. e I. Zuria. 2017. Diversidad de aves del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 529-558.
- Ortiz-Pulido, R. 2018. ¿Qué especies de aves están en riesgo en México? *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 19(2):237-272.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde et al. 2014. *Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., México.
- Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona. 2017a. *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Ramírez-Bautista, A., P. Octavio-Aguilar, A. Sánchez-González et al. 2017b. Aprendiendo de biodiversidad en una expedición biológica a Tlahuiltepa, Hidalgo, México. *Herreriana* 13(2):17-24.
- Ramírez-Cruz, S., A. Sánchez-González y D. Tejero-Díez. 2009. La pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 84:35-44.
- Reyes-Castillo, P. y S. Boucher. 2003. Familia Lucanidae. En: *Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia*

- Vol. II. *Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae*. M.A. Morón (ed.). Argania Editio, España, pp. 169-174.
- Rojas-Martínez, A.E. y C.E. Moreno-Ortega. 2014. *Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres*. En: <<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/e10.html>>, última consulta: agosto de 2019.
- Rojas-Martínez, A.E. y L.A. Juárez-Casillas. 2013. Primer registro de oso negro americano (*Ursus americanus*) para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):1018-1021.
- Rojas-Martínez, A.E., M. Aguilar-López, J.M. Castillo-Cerón et al. 2017. Los mamíferos del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 559-577.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, N.L. Crookston et al. 2010. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102(3):595-623.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- _____. 2015. *Inventario Estatal Forestal y de Suelos -Hidalgo 2014*. SEMARNAT/CONAFOR, México.
- Serrano, M.H. 2010. *Helechos y licopodios del Parque Nacional El Chico, Estado de Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Toledo, V.M. y M.J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. En: *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Instituto de Biología-UNAM, México, pp. 739-757.
- Valencia, S., G. Flores-Franco, J. Jiménez-Ramírez y M. Mora-Jarvio. 2017. Distribution and diversity of Fagaceae in Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 95(4):660-721.
- Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. *Lista Roja*. UICN, Suiza.



Diversidad biológica del bosque mesófilo de montaña

Arturo Sánchez González, Aurelio Ramírez Bautista, Raúl Ortiz-Pulido, Alberto Enrique Rojas Martínez, Ana Paola Martínez Falcón, Pablo Octavio Aguilar, Sylvia Martínez Hernández, Christian Said Berriozabal Islas, Pablo Caballero Cruz, Griselda Nallely Hernández Rico y Melany Aguilar López.

Introducción

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es uno de los ecosistemas con mayor diversidad biológica en México, a pesar de su limitada distribución geográfica y reducida extensión territorial, cercana a 1% del territorio nacional (Rzedowski 1978, Gual-Díaz y Rendón-Correa 2014). Hidalgo ocupa el cuarto lugar entre los estados de la república con mayor superficie de BMM, después de Chiapas, Guerrero y Oaxaca (INEGI 2017). Este ecosistema se distribuye en al menos 18 de sus municipios, donde se han identificado las regiones terrestres prioritarias Sierra Gorda-Río Moctezuma y Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental (León-Paniagua *et al.* 2010). Sin embargo, la superficie que ocupa se está reduciendo drásticamente a causa de la fragmentación del paisaje y el cambio de uso del suelo (para favorecer la agricultura, ganadería y viviendas), lo que amenaza la alta diversidad de especies de diferentes grupos biológicos que aún mantiene (CONABIO 2010, Ramírez-Bautista *et al.* 2014). A continuación, se incluye información general sobre la riqueza de especies de plantas vasculares, hongos, artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que se distribuyen en el BMM de Hidalgo.

Plantas vasculares

Los estudios más completos sobre la composición de especies de plantas con flor (angiospermas) en

el BMM de Hidalgo han sido desarrollados por investigadores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, en siete de los municipios con BMM de la entidad: Tlanchinol (figura 1; Luna-Vega *et al.* 1994), Tenango de Doria (Alcántara-Ayala y Luna-Vega 1997), Molango de Escamilla y Xochicoatlán (Mayorga-Saucedo *et al.* 1998), Eloxochitlán y Zacualtipán de Ángeles (Alcántara-Ayala y Luna-Vega 2001), y Lolotla (Ponce-Vargas *et al.* 2006). Otros trabajos con angiospermas incluyen localidades de los municipios San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria y Zacualtipán de Ángeles (Chávez 2014, Ortiz-Quijano *et al.* 2016). En cuanto a otros grupos de plantas, destacan los inventarios de helechos y licopodios en los municipios Acaxochitlán, Agua Blanca, Calnali, Eloxochitlán, Juárez Hidalgo, La Misión, Lolotla, Molango de Escamilla, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tepahuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles (Sánchez-González *et al.* 2016).

El análisis detallado de los listados florísticos antes mencionados indica que la flora (licopodios, helechos, gimnospermas y angiospermas) del BMM hidalguense es de al menos 144 familias, 530 géneros y 1 083 especies (cuadro 1). Sin embargo, existen amplias zonas sin explorar desde el punto de vista botánico, por lo que el número de especies podría ser mayor. En el estado existen 4 783 especies de plantas vasculares (véase *Diversidad florística* en esta obra), por lo que el BMM alberga al menos 22.6% de la flora vascular total, lo que adquiere mayor

Sánchez-González, A., A. Ramírez-Bautista, R. Ortiz-Pulido, A.E. Rojas-Martínez, A.P. Martínez-Falcón, P. Octavio-Aguilar, S. Martínez-Hernández, C. Berriozabal-Islas, P. Caballero-Cruz, G.N. Hernández-Rico y M. Aguilar-López. 2021. Diversidad biológica del bosque mesófilo de montaña En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 155-164.

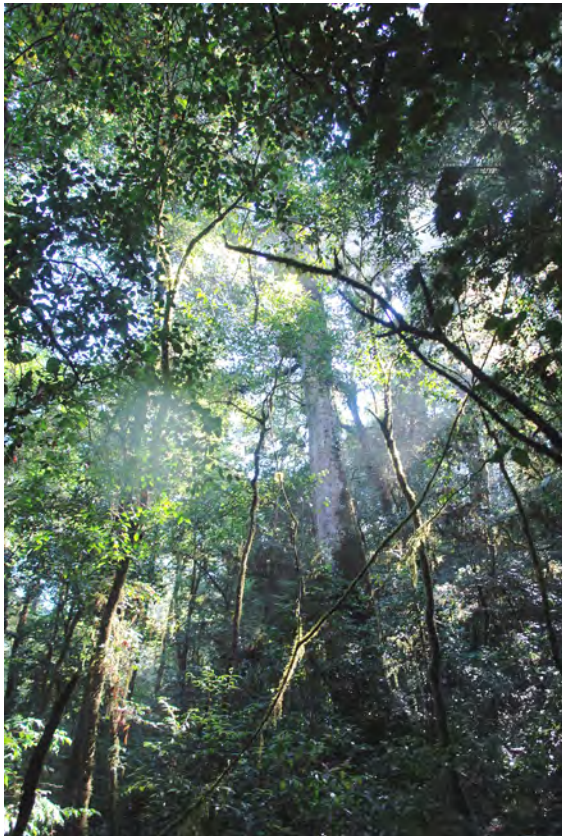


Figura 1. Bosque mesófilo de montaña, Tlanchinol. Foto: Arturo Sánchez González.

relevancia si se considera que ocupa menos de 1.5% de la superficie estatal (INEGI 2017).

Algunas de las especies consideradas en categorías de riesgo, de acuerdo con el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016) son: coamecate (*Carya palmeri*), palma cícada (*Ceratozamia fuscoviridis*), zamia (*Zamia fischeri*), haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, figura 2), magnolia (*Magnolia rzedowskiana*), tejo mexicano (*Taxus globosa*), oyamel (*Abies hidalguensis*) y liquidambar (*Liquidambar styraciflua*; Mayorga-Saucedo *et al.* 1998). Destaca el palo escrito (*Dalbergia palo-escrito*) por el uso tradicional que le dan los “voladores de Papantla” en la región de Lolotla (Ponce-Vargas *et al.* 2006). En el estrato inferior del bosque (sotobosque) se encuentra el botoncillo (*Cornus disciflora*) y el aceitunillo (*Ilex toluhana*). Además, existen varias especies de helechos arborescentes cuyo comercio internacional está controlado

(Apéndice II; CITES 2016), como el helecho tronco (*Dicksonia sellowiana*), los helechos maquique (*Alsophila firma*) y la palma (*Cyathea fulva*, figura 3), que localmente son utilizados en la elaboración de artesanías y macetas (Pérez-Paredes *et al.* 2014).

Todas las orquídeas se encuentran en el Apéndice II de la CITES, a causa de su extracción excesiva para la venta como ornamentales. En Hidalgo existen cerca de 151 especies (véase *Diversidad florística* en esta obra); las más conocidas en el BMM son: botón morado (*Anathallis platystylis*), botón rosa (*Bletia gracilis*), campanilla rallada (*B. neglecta*), campanilla blanca (*Calanthe calanthoides*), huelle de noche (*Encyclia candollei*), y las orquídeas terrestres *Cyclopogon luteo-albus* y *Dichaea glauca* (Ponce-Vargas *et al.* 2006). El pie de gallo (*Tillandsia xerographica*), una especie epífita de la familia Bromeliaceae que se distribuye en Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz, se comercializa por el color de sus flores (rojizo-naranjas), por lo que también está incluida en el Apéndice II. La mayoría de las especies mencionadas se encuentran en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2018) y la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Hongos

Los hongos presentan una función clave dentro del bosque (Blair 2009), al contribuir a la descomposición, reciclaje y absorción de nutrientes (Herdía-Abarca *et al.* 2011). En particular, los hongos micorrizógenos (que viven asociados a las raíces) facilitan la absorción de nutrientes como nitrógeno y fósforo a las plantas, mejorando su crecimiento, supervivencia y regeneración después de un disturbio forestal. La deforestación afecta negativamente la composición y abundancia de estos hongos y retarda el proceso de regeneración forestal (Andrade-Torres 2010).

La riqueza de macrohongos conocida hasta hora para el estado de Hidalgo es de cerca de 1 138 especies, lo que representa 22.5% de la registrada a nivel nacional (4 500) y 4.68% de la reportada a nivel mundial (Guzmán 1998, Moreno *et al.* 2017). De acuerdo con la información sobre riqueza de macrohongos por ecorregión en Hidalgo, se han registrado 292 especies en el BMM; pero esta cifra podría ser inexacta dado que las ecorregiones consideradas en el

Cuadro 1. Número y porcentaje de familias, géneros y especies de plantas vasculares del bosque mesófilo de montaña.

Grupo	Familias (%)	Géneros (%)	Especies (%)
Helechos y lycopodios	29 (20.1)	89 (16.8)	276 (25.5)
Gimnospermas	5 (3.5)	6 (1.1)	10 (0.9)
Angiospermas	110 (76.4)	435 (82.1)	797 (73.6)
Total	144	530	1 083

Fuente: elaboración propia.

trabajo de Moreno y colaboradores (2017) (bosques húmedos de Veracruz, bosques mesófilos de Veracruz y Sierra Madre Oriental) incluyen varios tipos de vegetación, además del BMM de la entidad (cuadro 2).

Algunas de las especies que se distribuyen en el BMM de Hidalgo son: sombrero blanco (*Albatrellus ellisii*), yesquero quemado (*Bjerkandera adusta*), calvaria (*Calvatia rugosa*), matacandil (*Coprinus roseistipitatus*), sombrerero (*Coltricia perennis*), ciatos (*Cortinarius scaurus*), ciato estriado (*Cyathus striatus*), yesquero aplanado (*Ganoderma applanatum*), estrella de tierra (*Geastrum fimbriatum*), sombrero blanco y castaño (*Gyroporus cyanescens* y *G. castaneus* respectivamente), hongos de repisa (*Inonotus cuticularis*, *I. radiatus*, *Phellinus badius*), oreja de judas (*Hydnopolyporus fimbriatus*), cuescos de lobo, también llamados hongos de luna (*Lycoperdon eximium*, *L. juruense*, *L. marginatum*, *L. nigrescens*, *L. purpurascens*, *L. pyriforme*), pisolito tintorero (*Pisolithus arhizus*), esclerodermas o potas (*Scleroderma citrinum*, *S. michiganense*, *S. verrucosum*), boletos o babosillos (*Suillus brevipes*, *S. flavogranulatus*, *S. rubinellus*), *Xerocomus spadiceus* y boleto bayo (*X. subtomentosus*; Hernández 2007, Romero-Bautista et al. 2010, Bautista-Hernández et al. 2018).

Dentro de los hongos comestibles de la región se encuentran: oronja (*Albatrellus cristatus*), panza de vaca (*A. ellisii*), xinmey (*A. subrubescens*), baya bella (*Amanita caesarea*), meyyup (*A. tecomate*), binichis (*Armillaria* spp., *A. tabescens*, *A. mellea*), hongo de espinas (*Boletus edulis*), *Clitocybe gibba*, bashias de monte (*Cantharellus cibarius*, *C. odoratus*), *Gomphus floccosus*, *Helvella* spp., hongo de leche (*Lactarius deliciosus*), beyere (*Lentinus crinitus*),

morquetas (*Morchella esculenta*) y setas (*Pleurotus albidus*, *P. djamor* y *Polyporus alveolaris*), por mencionar los más conocidos (Hernández 2007, Bautista-Nava et al. 2010, Jiménez-González et al. 2013). De los taxones anteriores solo *B. edulis* y las subespecies *C. cibarius cibarius* y *M. esculenta umbrina* se encuentran en la lista de especies en riesgo de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), pero aún falta mucho trabajo por realizar para incrementar el conocimiento de la microbiota de este ecosistema (Raymundo et al. 2017).

Artrópodos

Los artrópodos son animales invertebrados dotados de un esqueleto externo y apéndices articulados, como los crustáceos, insectos, arañas, milpiés y ciempiés. Es el grupo más rico y diverso del reino animal, ocupando una gran variedad de nichos funcionales y micro-hábitats a lo largo de la historia de la vida en la tierra (Kremen et al. 1993). Las comunidades de artrópodos conforman un objeto complejo de estudio debido a su alta diversidad, abundancia relativa, pequeño tamaño corporal y la falta de taxónomos especialistas (Derraik et al. 2002).

Los artrópodos del BMM de Hidalgo han sido poco estudiados; varios grupos de coleópteros cuentan con registros, destacando los estafilínidos (175 especies; Márquez y Asiain 2017), melolóntidos (más de 100; Márquez et al. 2017), cerambícidos (49; Gutiérrez y Márquez 2017), los escarabajos toritos o peloterros de la familia Scarabaeidae (45; Márquez et al. 2017) y los pasálidos (16; Asiain et al. 2017). De libélulas se han registrado 87 especies (Escoto-Moreno et al. 2017), así como 30 de abejas en el municipio



Figura 2. Bosque de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*). Foto: Arturo Sánchez González.

Tlanchinol (Godínez-García 1997). Por su parte, Valladares-Rubio (2016) reconoce 22 géneros de colémbolos, de los cuales *Folsomina onychiurina*, *Friesea reducta*, *Isotoma* sp., *Plutomurus* sp., *Ptenothrix* sp. y *Schoettella distincta* son nuevos registros para el dosel del BMM mexicano. De insectos acuáticos, García-Ramírez (2007) reportó 21 géneros, de los cuales los mejor representados son dípteros de los géneros *Bezzia*, *Corenthrella*, *Culex* y *Simulium*. Para los milpiés y ciempiés, Bueno-Villegas y colaboradores (2017) reportaron cuatro especies de diplópodos y una de quilópodos.

Otros insectos del BMM importantes dignos de mencionarse son los coleópteros *Scaphidium tzinti* y *Metamasius callizona*, ya que su ciclo de vida está vinculado a las plantas de bromelia (*Tillandsia deppeana*), pues sus larvas se alimentan de los tallos de la planta ocasionando su muerte, por lo que pueden adquirir condición de plaga (Hornung-Leoni *et al.* 2011).

Para el resto de los artrópodos (p.e. arácnidos, crustáceos, e incluso en grupos carismáticos como las mariposas) no existe información suficiente. En

otros BMM de México, sobre todo en Chiapas y Veracruz, sí se han realizado inventarios extensos, por lo que se requiere conocer su riqueza y el estado actual de sus poblaciones en Hidalgo; esta información servirá para definir si es necesaria su inclusión en alguna categoría de riesgo en la legislación mexicana o en listados internacionales, como los de la UICN.

Anfibios y reptiles

Registros recientes y el hallazgo de nuevas especies han permitido reconocer la alta riqueza de anfibios y reptiles en la entidad (Nieto-Montes de Oca *et al.* 2013, Lara-Tufiño *et al.* 2014, García-Castillo *et al.* 2017), que actualmente es de 59 especies de anfibios y 144 de reptiles (Ramírez-Bautista *et al.* 2020). En el BMM los anfibios están representados por siete de las 11 familias (64%) y 30 de las 59 especies (50.8%) que habitan en el estado. Por su parte, de reptiles se encuentran 16 de las 24 familias (67%) y 65 de las 144 especies (45.1%) reconocidas para Hidalgo, lo que indica una elevada riqueza en ambos grupos de vertebrados (cuadro 2).



Figura 3. Maquique (*Cyathea fulva*), Tlanchinol. Foto: Arturo Sánchez González.

El BMM se distribuye en un intervalo altitudinal entre 600 y 2 800 msnm, en condiciones de humedad y temperatura que permiten la subsistencia de diversas especies de anfibios. Por ejemplo, las salamandras se distribuyen en un gradiente altitudinal elevado entre 1 200 y 2 800 msnm; mientras que las ranas y sapos ocupan un rango entre 600 y 2 200 msnm. Entre los anfibios, uno de los grupos más diversos y mejor representados en el BMM es el de las ranitas arborícolas (familia Hylidae), con nueve de las 15 especies que se distribuyen en el estado; así como el de las ranitas de la hojarasca (familias Craugastoridae, Eleutherodactylidae y Leptodactylidae), consideradas emblemáticas de este tipo de bosque.

En cuanto a reptiles, las lagartijas del género *Anolis* (familia Dactyloidea) destacan porque las cinco especies reconocidas para Hidalgo habitan en el BMM. El mismo caso ocurre con especies de las familias Corytophanidae (*Corytophanes hernandesii*, *Laemanctus serratus*), Scincidae (*Plestiodon lynxe*, *P. tetragrammus*), Sphenomorphidae (*Scincella gemmingeri*, *S. silvicola*), Xantusiidae (*Lepidophyma*

flavimaculatum, *L. occulor*, *L. sylvaticum*) y Xenosauridae (*Xenosaurus newmanorum*, *X. tzacualtipantecus*). Las serpientes están bien representadas en el BMM: todas las familias que se distribuyen en el estado se encuentran también en este ecosistema, destacando Colubridae (con 13 de las 35 especies), Dipsidae (12 de 24), Elapidae (tres de tres), Natricidae (cinco de 13) y Viperidae (cinco de 13). Las serpientes no presentan un patrón de distribución altitudinal definido, ya que se les encuentra en un intervalo más amplio que el del BMM.

La alta diversidad taxonómica de los anfibios y reptiles en este bosque puede deberse a la elevada heterogeneidad estructural y ambiental que lo caracteriza, así como a las condiciones particulares de humedad y temperatura que prevalecen en este tipo de vegetación (Rzedowski 1978, Challenger 1998).

Aves

Se conocen 551 especies de aves que habitan los BMM de México (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014a, b), de las cuales 358 especies tienen presencia en este

ecosistema dentro de Hidalgo (Martínez-Morales 2007, Martínez-Morales *et al.* 2007, Ortiz-Pulido y Zuria 2017), agrupadas en 19 órdenes y 52 familias (cuadro 2). Entre los grupos más comunes resaltan palomas, colibríes, rapaces diurnas y nocturnas, pájaros carpinteros, urracas, mosqueros, vencejos y golondrinas, matracas, primavera, cenizales, gorriones, calandrias, chipes y picogordos. Además, en el BMM del estado se distribuyen al menos nueve especies que se consideran en alguna categoría de riesgo a nivel mundial: el hocofaisán (*Crax rubra*), la codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*), la codorniz cotuí (*Colinus virginianus*), el papamoscas boreal (*Contopus cooperi*), el vireo gorra negra (*Vireo atricapilla*), el vireo de Bell (*Vireo bellii*), la chara enana (*Cyanolyca nana*), el chipe cachetes amarillos (*Setophaga chrysoparia*) y el colorín siete-colores (*Passerina ciris*; UICN 2018). Asimismo, habitan 55 especies consideradas en algún grado de riesgo por la NOM-059: en peligro de extinción como la codorniz coluda veracruzana, la chara enana, el tecolote tamaulipeco (*Glauclidium sanchezi*) y el águila elegante (*Spizaetus ornatus*); amenazadas como el zorzal de Frantzius (*Catharus frantzii*) y la chara gorro azul (*Cyanolyca cucullata*); y sujeta a protección especial el zorzal corona negra (*Catharus mexicanus*). Muchas de estas especies son afectadas por el cambio climático, así como por el cambio de uso del suelo, la deforestación y, en el caso de aves canoras y de ornato, el comercio ilegal (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014a, Ortiz-Pulido y Zuria 2017).

Mamíferos

Hasta 2015 se reconocían 97 especies de mamíferos silvestres para Hidalgo (Ceballos *et al.* 2005); sin embargo, los estudios recientes han añadido 50 especies (Mejenes-López *et al.* 2010, Aguilar-López *et al.* 2012, 2015a, b, c, Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013, Morales *et al.* 2015, Rojas-Martínez *et al.* 2017), por lo que en la entidad se distribuyen al menos 147 (cuadro 2; Rojas-Martínez *et al.* 2017). El tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de mamíferos en Hidalgo es el BMM, con alrededor de 80 (54.4%), divididas en ocho órdenes, 23 familias y 51 géneros (Aguilar-López 2009, Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013, Morales *et al.* 2015, Rojas-Martínez *et al.* 2017). Esta elevada riqueza de especies se debe en gran medida a la gran

complejidad ambiental característica de estos bosques (Rzedowski 1978, Challenger 1988), lo que incluso dificulta el muestreo de este grupo de vertebrados. Los mamíferos son un grupo de gran importancia para mantener la estructura y función del bosque, debido al consumo de insectos nocivos, herbivoría, frugivoría y polinización (Rojas-Martínez y Moreno-Ortega, 2014). Aproximadamente 29% de las especies de mamíferos que habitan en el BMM son endémicas a México y Centroamérica.

Los órdenes más representativos en este ecosistema son los roedores (Rodentia) con 28 especies (35%) y murciélagos (Chiroptera) con 26 (32.5%), que en conjunto reúnen 67.5% de las especies de mamíferos del BMM de Hidalgo. Estas cifras concuerdan con la condición nacional y estatal, que señala que al menos dos terceras partes de los mamíferos pertenecen a estos órdenes (Ceballos *et al.* 2005). En el orden Carnívora se han identificado 15 especies en el BMM hidalguense (18.8%), que incluyen a grandes carnívoros como osos (*Ursus americanus*; Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013), jaguares (*Panthera onca*; Aguilar-López *et al.* 2015a, Morales *et al.* 2015) y pumas (*Puma concolor*; Mejenes-López *et al.* 2010), lo que indica el alto grado de conservación de los ecosistemas en algunas regiones, en particular en el norte y noroeste de la entidad, en los municipios Calnali, Huatla, La Misión, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol y Xochicoatlán.

En Hidalgo existen al menos 14 especies de mamíferos del BMM (17.5% del total) en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010): oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), musaraña (*Cryptotis obscura*), murciélago (*Enchisthenes hartii*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), puma (*Panthera onca*), nutria de río (*Lontra longicaudis*), cabeza de viejo (*Eira barbara*), grisón o huroncito (*Galictis vittata*), martucha o perro de monte (*Potos flavus*), oso negro (*Ursus americanus*), ratón metorito de Xalapa (*Microtus quassiater*) y puercoespín (*Coendou mexicanus*). Los carnívoros son las especies más vulnerables debido a la cacería furtiva; sin embargo, la destrucción del bosque afecta a todas las especies. A pesar de la importancia del BMM para la riqueza de los mamíferos silvestres del estado, hasta ahora no existe algún área natural protegida que pueda asegurar su conservación.

Cuadro 2. Riqueza de especies por grupo biológico, en el bosque mesófilo de montaña.

Grupo biológico	BMM de Hidalgo (número de especies)	Hidalgo (número de especies)	Total estatal(%)
Plantas vasculares	1 083	4 783	22.64
Hongos macroscópicos	292	1 138	25.66
Artrópodos			
Staphylinidae	175	349	50.14
Passalidae	16	20	80.00
Scarabaeidae	45	106	42.45
Cerambycidae	49	131	37.40
Anfibios	30	59	50.85
Reptiles	65	144	45.14
Aves	358	501	71.45
Mamíferos	80	147	54.42

Fuente: elaboración propia.

Factores de presión

El BMM en Hidalgo presenta alto deterioro ambiental debido a factores locales y globales. A nivel local, el principal factor es la deforestación asociada a la expansión de la ganadería, la agricultura de temporal y el crecimiento poblacional (cambio de uso del suelo; INEGI 2015). En este sentido, el caso del café es de particular interés, puesto que Hidalgo es el sexto productor de café en el país, con 24 comunidades dedicadas principalmente a esta actividad en los municipios Calnali, Huazalingo, Lolotla, Molango de Escamilla, Tianguistengo, Tlahuilepa, Tlanchinol, Tenango de Doria, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles (Gobierno del Estado 2017); a pesar de que las políticas de desarrollo sustentable han impulsado la producción de café de sombra desde una perspectiva agroforestal, la caída de su precio y el alto grado de marginación de la población se han traducido en abandono de cafetales e intensificación de la tala del bosque para obtener madera (Avalos 2002). A nivel global, el cambio climático modifica los patrones de distribución de la precipitación pluvial; diferentes modelos de circulación general señalan escenarios futuros con la reducción de entre 60 y 85% de la cobertura vegetal original, con pérdidas en la calidad del ecosistema,

los servicios ambientales y la biodiversidad (CONABIO 2010, Gual-Díaz y Rendón-Correa 2014).

Conclusiones

El BMM del estado de Hidalgo posee una alta riqueza de especies en diferentes grupos de seres vivos, como lo indican los datos en plantas vasculares, hongos, artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos; esto adquiere mayor relevancia cuando se considera el área que este tipo de vegetación ocupa en la entidad (menor de 1% de vegetación primaria), por lo que puede considerarse como el ecosistema con mayor riqueza de especies, pero también uno de los más amenazados y frágiles. El cambio de uso del suelo es la principal causa de la desaparición de la cubierta vegetal del BMM, y se relaciona con la dinámica socioeconómica y la falta de alternativas de trabajo; lo anterior refleja la necesidad de acciones de control para su aprovechamiento sustentable. Sin embargo, las acciones de las instituciones gubernamentales hasta ahora no han garantizado su conservación, por lo que es necesario que todos los sectores de la sociedad valoren su importancia por los servicios ambientales (uso directo e indirecto) que proporciona, y participen activamente en la conservación y aprovechamiento sostenible de su biodiversidad.

Referencias

- Aguilar-López, M. 2009. *Estructura del ensamblaje de mamíferos en el bosque mesófilo de montaña de Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Aguilar-López, M., A.E. Rojas-Martínez, L.A. Mendoza-Vega *et al.* 2012. Registros nuevos de murciélagos para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(4):1249-1251.
- Aguilar-López, M., J. Ramos-Frías, E. Rojas-Martínez y C. Cornejo-Latorre. 2015a. First record of jaguar (*Panthera onca*) from the state of Hidalgo, Mexico. *Western North American Naturalist* 75(4):520-525.
- Aguilar-López, M., A.E. Rojas-Martínez, C. Cornejo-Latorre *et al.* 2015b. New records of vespertilionid bats in the state of Hidalgo, Mexico. *Southwestern Naturalist* 60(2-3):275-279.
- Aguilar-López, M., A.E. Rojas-Martínez, C. Cornejo-Latorre *et al.* 2015c. Registros notables de mamíferos terrestres del estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 31:403-411.
- Alcántara, O. e I. Luna. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 68(2):57-106.
- Alcántara-Ayala, O. e I. Luna-Vega. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botanica Mexicana* 54:51-87.
- Andrade-Torres, A. 2010. Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia* 61:84-90.
- Asiain, J., J. Márquez y P. Reyes-Castillo. 2017. Escarabajos de la familia Passalidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp.375-388.
- Avalos, B. 2002. Los cafetales de sombra como proveedores de servicios ambientales. *Ciencia y Mar* 6(17):17-22.
- Bautista-Hernández, S., T. Raymundo, E. Aguirre-Acosta *et al.* 2018. Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña de la Huasteca Alta Hidalguense, México. *Acta Botanica Mexicana* 123:21-36.
- Bautista-Nava, E., A. Moreno-Fuentes, A. Pulido-Silva *et al.* 2010. Bases bioculturales para el aprovechamiento y conservación de los hongos silvestres comestibles en el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México. En: *Sistemas biocognitivos tradicionales: paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural*. Á. Moreno, M.T. Pulido, R. Mariaca *et al.* (eds.). Asociación Etnobiológica Mexicana/Global Biodiversity Foundation/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Colegio de la Frontera Sur/Sociedad Latinoamericana de Etnobiología, México, pp. 226-231.
- Blair, J.E. 2009. Fungi. En: *The time tree of life*. B. Hedges y S. Kumar (eds.) Oxford University Press, Nueva York, pp. 215-219.
- Bueno-Villegas, J., E. Rodríguez-López y F.G. Cupul-Magaña. 2017. Registros de Diplopoda y Chilopoda en Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 257-266.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R.A. Medellín *et al.* 2005. Diversidad y conservación de los mamíferos de México. En: *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (coords.). CONABIO/FCE, México, pp. 21-49.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas naturales terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO/UNAM/Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- Chávez, S.M.C. 2014. *Diversidad y distribución de angiospermas herbáceas y arbustivas de los bosques de Fagus grandifolia subsp. mexicana (Martínez) E. Murray del estado de Hidalgo, México*. Tesis licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. 2016. *Apéndice I y II*. En: <<https://cites.org/esp/node/29983>> última consulta: noviembre de 2016.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2010. *El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. CONABIO, México.
- Derraik, J.G., G.P. Closs, K.J.M. Dickinson *et al.* 2002. Arthropod morphospecies versus taxonomic species: A case study with Araneae, Coleoptera and Lepidoptera. *Conservation Biology* 16(4):1015-1023.
- Escoto-Moreno, J., J. Márquez, R. Novelo-Gutiérrez *et al.* 2017. Libélulas (insecta: Odonata). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 267-288.
- García-Castillo, M.G., S.M. Rovito, D.B. Wake y G. Parra-Olea. 2017. *A new terrestrial species of Chiropterotriton (Caudata: Plethodontidae) from central Mexico*. *Zootaxa* 4363(4):489-505.

- García-Ramírez, C.I. 2007. *Diversidad de insectos acuáticos del Bosque Mesófilo de Montaña en Tlanchinol, Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Gobierno del Estado. 2017. *Consejo Hidalguense del Café*. En: <<http://concafe.hidalgo.gob.mx/?p=90>>, última consulta: abril de 2018.
- Godínez-García, L.M. 1997. *Melitofauna de algunos bosques mesófilos de montaña de la Sierra Madre Oriental*. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). 2014. *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. CONABIO, México.
- Gutiérrez, N. y J. Márquez. 2017. Escarabajos de la familia Cerambycidae (Insecta-Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 315-346.
- Guzmán, G. 1998. Inventing the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:111-175.
- Heredía-Abarca, G.P., R.M. Arias-Mota y S.A. Gómez-Cornelio. 2011. Hongos microscópicos: especies en restos vegetales y del suelo. En: *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de Estado*. Vol. II. CONABIO, México, pp. 41-49.
- Hernández, H. 2007. *Macromicetos de una región de Mineral del Chico, Hidalgo: una aproximación a la Etnomicología*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Hornung-Leoni, C.T., J. Márquez y J. Bueno-Villegas. 2011. Arthropods associated with *Tillandsia deppeana* (Bromeliaceae) from Hidalgo State, México, with three first state records of Coleoptera species. *Entomological News* 122(5):469-476.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. *Encuesta Intercensal 2015, tabuladores básicos*. En: <<http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/214>>, última consulta: febrero de 2018.
- _____. 2017. *División política estatal 1:250 000; edición 2016*. INEGI, México.
- Jiménez-González, M., L. Romero-Bautista, M.A. Villavicencio-Nieto y B.E. Pérez-Escandón. 2013. Los hongos comestibles de la región de Molango de Escamilla, Hidalgo, México. En: *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. Vol. II. G. Pulido-Flores y S. Monks (eds.). Zea Books, Estados Unidos, pp. 69-82.
- Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin et al. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7(4):796-808.
- Lara-Tufiño, D., R. Hernández-Austria, L.D. Wilson et al. 2014. New state record for the snake *Amastridium sapperi* (Squamata: Dipsadidae) from Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(2):654-657.
- León-Paniagua, L., I. Luna-Vega, M.A. Martínez-Morales y J.D. Tejero-Díez. 2010. Huasteca Alta Hidalguense. En: *El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. CONABIO, México, pp. 60-63.
- Luna-Vega, I., S. Ocegueda y O. Alcántara-Ayala. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 65(1):31-62.
- Márquez, J. y J. Asiain. 2017. Familia Staphylinidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 413-470.
- Márquez, J., M.A. Morón, C. Moreno et al. 2017. Escarabajos de la familia Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera). En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Hidalgo, pp. 389-412.
- Martínez-Morales, M.A. 2007. Avifauna del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:149-162.
- Martínez-Morales, M.A., R. Ortiz-Pulido, B. de la Barreda et al. 2007. Hidalgo. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A.G. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva et al. (eds.). CIPAMEX, México, pp. 49-95.
- Mayorga-Saucedo, R., I. Luna-Vega y O. Alcántara-Ayala. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña en Molocotlán, Molango-Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63:101-119.
- Mejenes-López, S.M.A., M. Hernández-Bautista, J. Barragan-Torres et al. 2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. *Therya* 1:161-188.
- Morales, G.J.J., A.D. Morales G. y A.A. Rosales. 2015. Registros recientes de jaguar (*Panthera onca*) en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5(2):66-72.
- Moreno, F.A., E. Aguirre-Acosta y M. Medellín-Espinosa. 2017. Diversidad de macrohongos y su relevancia biocultural. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 185-211.

- Navarro-Sigüenza, A.G., H. Gómez-de Silva, M. Gual-Díaz *et al.* 2014a. La importancia de las aves del bosque mesófilo de montaña de México. En: *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. M. Gual-Díaz y A. Rendón-Correa (comps.). CONABIO, México, pp. 279-304.
- Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez *et al.* 2014b. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:476-495.
- Nieto-Montes de Oca, A., U.O. García-Vázquez, J.J. Zúñiga-Vega y W. Schmidt-Ballardo. 2013. A new species of *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) from the Sierra Gorda Biosphere Reserve of Querétaro, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2):485-498.
- Ortiz-Pulido, R. e I.L. Zuria. 2017. Diversidad de aves del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 529-558.
- Ortiz-Quijano, A.B., A. Sánchez-González, L. López-Mata y J. Villanueva-Díaz. 2016. Population structure of *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* in the cloud forest of Hidalgo State, Mexico. *Botanical Sciences* 94(3):483-497.
- Pérez-Paredes, M.G., A. Sánchez-González y J.D. Tejero-Díez. 2014. Estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo. *Botanical Sciences* 92(2):259-271.
- Ponce-Vargas, A., I. Luna-Vega, O. Alcántara-Ayala y C.A. Ruiz-Jiménez. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77(2):177-190.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde *et al.* 2014. *Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde *et al.* 2020. The Herpetofauna of Hidalgo, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 14(1):63-118.
- Raymundo, T., E. Escudero-Leyva, R. Soto-Agudelo *et al.* 2017. Nuevos registros de Hypocreales (Sordariomycetes, Ascomycota) del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Alta Hidalguense en México. *Acta Botanica Mexicana* 120:39-57.
- Rojas-Martínez, A.E. y C.E. Moreno-Ortega. 2014. *Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres*. En: <<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/e10.html>>, última consulta: agosto de 2019.
- Rojas-Martínez, A.E. y L.A. Juárez-Casillas. 2013. Primer registro de oso negro americano (*Ursus americanus*) para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):1018-1021.
- Rojas-Martínez, A.E., M. Aguilar-López, J.M. Castillo-Cerón *et al.* 2017. Los mamíferos del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas, C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 559-577.
- Romero-Bautista, L., G. Pulido-Flores y R. Valenzuela. 2010. Estudio micoflorístico de los hongos poliporoides del estado de Hidalgo, México. *Polibotánica* 29:1-28.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Sánchez-González, A., J.D. Tejero-Díaz, Y. Pérez-Atilano *et al.* 2016. *Helechos y licopodios del estado de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2018. *The IUCN Red List of Threatened Species*. En: <<http://www.iucnredlist.org>> última consulta: febrero de 2018.
- Valladares-Rubio, E.E. 2016. *Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) del dosel del bosque mesófilo de Tlanchinol, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.



Composición y diversidad vegetal de la selva mediana subperennifolia

Ro Linx Granados Victorino, Arturo Sánchez González, Diódoro Granados Sánchez y Oscar Bravo Bolaños

Introducción

La selva tropical (también conocida como bosque tropical) resalta por su exuberancia dentro del trópico húmedo de México. A principios del siglo xx cubría una superficie de 25 millones de hectáreas, lo que equivale a 12.2% de la superficie del país. Se estima que la selva tropical alta y mediana, perennifolia y subperennifolia (según Miranda y Hernández-X. 1963) se encuentra entre los ecosistemas terrestres con mayor productividad y diversidad en el país, al albergar cerca de 5 296 especies de plantas vasculares, es decir, 22.7% del total nacional (Challenger y Soberón 2009, Villaseñor y Ortiz 2014, Villaseñor 2016).

La selva mediana subperennifolia en particular se caracteriza por la alta densidad de especies de plantas, con un estrato arbóreo dominante de 15 a 30 m de altura, donde entre 25 y 50% de los árboles pierden sus hojas en la época desfavorable (de menor precipitación; Miranda y Hernández-X. 1963). Este tipo de selva se presenta en zonas húmedas de clima tipo A (tropical), en sitios con precipitación total anual de entre 1 100 y 1 300 mm, con época de sequía bien marcada, de tres a cuatro meses. La temperatura media anual varía entre 22 y 26°C, con una oscilación de la temperatura entre los meses más fríos y más cálidos de 6 a 8°C, la temperatura media anual más baja es de 18°C y no presenta heladas (Pennington y Sarukhán 1998).

El suelo es principalmente derivado de materiales calizos, o bien metamórficos muy antiguos o,

rara vez, de origen ígneo; frecuentemente se encuentra un gran número de afloramientos de rocas. La pendiente pronunciada, la pedregosidad del terreno y la alta porosidad de las rocas favorecen un rápido drenaje del suelo, por lo que, a pesar de presentar un clima similar al de la selva alta perennifolia, gran porcentaje de las especies pierden sus hojas en la época seca (Rzedowski 1978, Pennington y Sarukhán 1998). Asimismo, su naturaleza rocosa y gran inclinación de los terrenos impiden el desarrollo de árboles de gran talla (Challenger y Soberón 2009). En los terrenos de pendiente suave o nula, donde podrían crecer más fácilmente árboles grandes, la vegetación natural ha desaparecido, confinando este ecosistema a terrenos con gran declive, donde el estrato arbóreo superior rara vez sobrepasa los 30 m de altura (Puig 1991).

La estructura vertical presenta cinco estratos principales: muscinal (representado por musgos, líquenes, algas y hepáticas, confinadas en su mayoría a afloramientos rocosos), herbáceo (que forma una alfombra discontinua compuesta comúnmente por monocotiledóneas), sotobosque (contiene árboles y arbustos de hasta 10 m de altura), intermedio (con individuos arbóreos de entre 10 y 20 m de altura) y el dosel superior (con árboles de más de 20 m de altura; Godínez-Ibarra y López-Mata 2002). Distribuidos en todos los estratos, existe un número elevado de especies de lianas y epifitas, donde la familia Araceae está bien representada (Puig 1991).

Granados-Victorino, R.L., A. Sánchez-González, D. Granados-Sánchez y O. Bravo-Bolaños. 2021. Composición y diversidad vegetal de la selva mediana subperennifolia. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 165-172.

A pesar de que la selva mediana subperennifolia presenta estructura y composición homogénea, se pueden distinguir tres regiones florísticamente delimitadas (Pennington y Sarukhán 1998): la primera corresponde a la zona del norte de Veracruz, Puebla, San Luis Potosí y el noreste de Hidalgo; otra zona incluye la selva mediana del estado de Oaxaca y una porción del estado de Veracruz; la tercera se encuentra en la península de Yucatán. Puig (1991) señala que las variaciones entre comunidades se pueden deber principalmente a las características edáficas y antrópicas, aunque también responden en menor grado a condiciones climáticas. Dentro de las tres zonas florísticas, el ramón u ojite (*Brosimum alicastrum*) es la especie arbórea que mejor caracteriza a la selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación, junto con las especies: chicle (*Manilkara zapota*), alamo (*Aphananthe monoica*), ceiba (*Ceiba pentandra*), carnero (*Coccoloba barbadensis*), hoja de pimienta (*Pimenta dioica*) y palo mulato (*Bursera simaruba*; Pennington y Sarukhán 1998, Puig y Lacaze 2004).

Selva mediana subperennifolia en la región Huasteca

La región Huasteca, ubicada en los límites entre la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo de México, constituye el extremo norte de distribución de la selva mediana subperennifolia en América (22° N; Luna 1997); forma parte de los estados de Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. La Huasteca Hidalguense –localizada al noreste del estado, en los municipios Atlapexco, Huautla, Huejutla, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Yahualica y Xochiatipán– se caracteriza por tener un clima tropical húmedo y una amplia cobertura de selva mediana subperennifolia, cuyo estrato arbóreo es dominado por el misanteco (*Licaria capitata*), o bien el ramón (*B. alicastrum*). Rzedowski (1978) menciona que este tipo de vegetación tiende a conservar más su follaje dentro de los cañones de la Sierra Madre Oriental, ya que en estas condiciones topográficas se conserva mejor la humedad del suelo.

En esta región la densidad de población humana es alta, por lo que la selva se encuentra confinada a terrenos no aptos para la agricultura, en sitios con pendientes escarpadas o de difícil acceso y con una

cobertura en forma de parches o pequeños fragmentos, inmersos en una matriz de hábitats perturbados (Pennington y Sarukhán 1998). En la Huasteca, la fisionomía primaria o prístina de la selva mediana subperennifolia ha desaparecido y ha sido sustituida por vegetación secundaria (Rzedowski 1978, Puig 1991, Trejo 1998, Martínez-Cabrera *et al.* 2019). En el Inventario Nacional de Gran Visión (SARH 1992) se estimó que en 1981 la cobertura de esta comunidad vegetal en Hidalgo era de 126 950 ha de vegetación primaria y 33 300 ha de vegetación secundaria. Sin embargo, la situación cambió drásticamente, ya que en 1992 se calculó que sólo 9 800 ha eran de vegetación primaria (figura 1), debido principalmente a la elevada tasa de deforestación de más de 10 600 ha/año (Flores y Gerez 1994).

Los estudios sobre composición, estructura y ecología de la selva mediana subperennifolia en la región de la Huasteca son escasos; destacan los realizados por Puig (1991) y Rzedowski (1966), donde se incluyen datos florísticos descriptivos de la Huasteca en general, y del estado de San Luis Potosí, respectivamente. El estudio más reciente y detallado es el de Granados-Victorino y colaboradores (2017), en el que se realizó la caracterización estructural de diferentes estadios sucesionales de sucesión de esta comunidad vegetal en el municipio de Huautla.

Estructura de la selva mediana subperennifolia en Huautla

Huautla es uno de los municipios de Hidalgo con mayor tasa de deforestación y de cambio de uso del suelo. En el pasado, la selva mediana subperennifolia ocupaba más de 50% de la superficie del municipio (Rzedowski 1978, Luna 1997, Trejo 1998). Sin embargo, en el año 2005 se estimó que sólo 1.77 km² correspondían a vegetación preservada y 167.42 km² a vegetación secundaria (INEGI 2009).

Dentro de Huautla, este tipo de selva se distribuye en parches de diversos tamaños; los fragmentos más grandes alcanzan tamaños de entre 100 y 1 000 ha, y la mayoría se localiza en las zonas con pendiente más pronunciada. Los fragmentos de menos de 100 ha presentan alto nivel de perturbación debido al cambio de uso del suelo forestal hacia áreas de cultivo, ganadería y zonas urbanas, principalmente (Puig y Lacaze 2004). Sin embargo, a partir de 2003

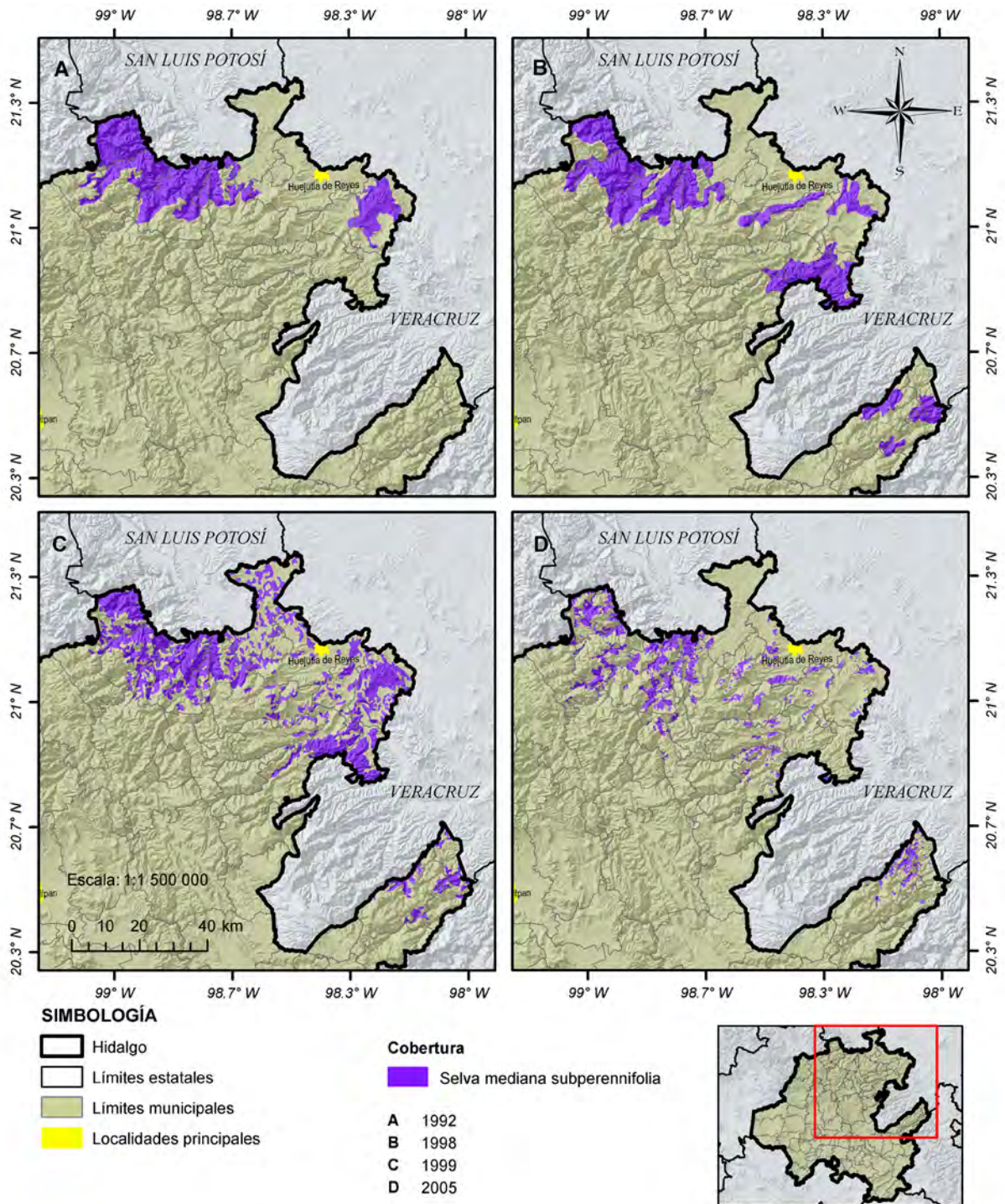


Figura 1. Disminución de la cobertura de selva mediana subperennifolia en la región Huasteca (1992-2005). Fuente: ^ASARH 1992, ^BCONABIO 1998, ^C1999, ^DCCRS *et al.* 2010.

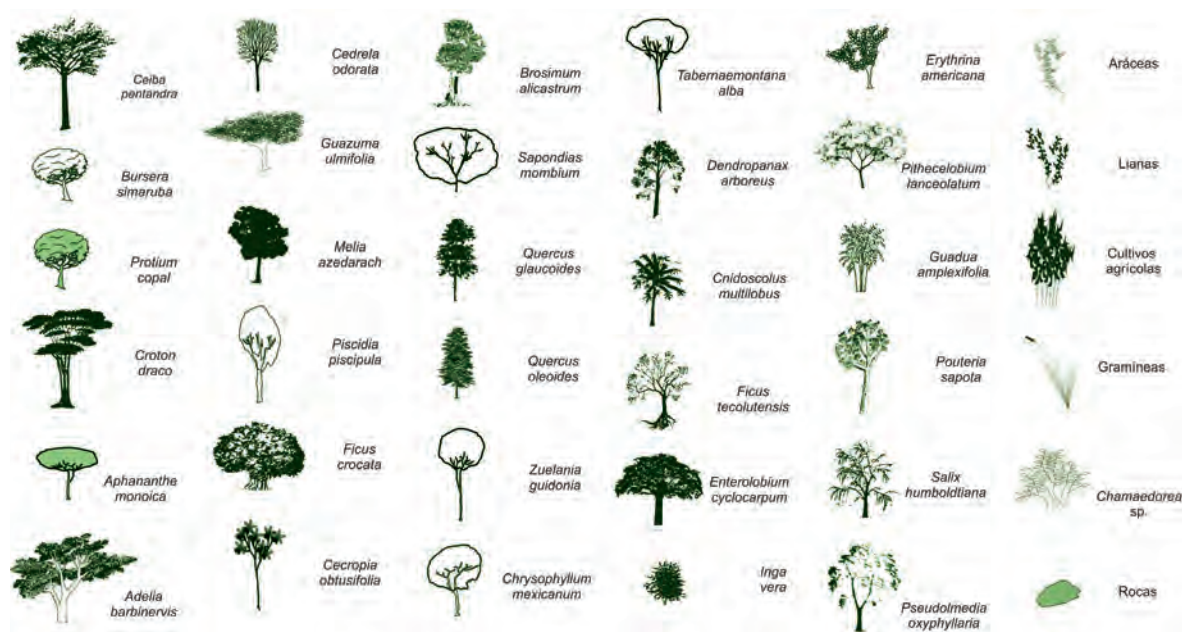


Figura 2. Representación gráfica de las especies estructuralmente más relevantes utilizadas en los perfiles fisionómicos. Fuente: Granados-Victorino *et al.* 2017.

se ha observado un proceso paulatino de regeneración de la vegetación (Granados-Victorino *et al.* 2017) en un proceso de sucesión ecológica.

Las distintas etapas de sucesión van de menor a mayor conservación: acahual o selva secundaria inicial (después de un disturbio), selva secundaria intermedia y selva primaria o madura. Cada fragmento presenta distinta trayectoria de regeneración, de acuerdo con el tipo y duración del disturbio, la vegetación previa o la remanente, el banco de semillas disponible y su dispersión, la biología de las especies y sus interacciones, así como los factores abióticos prevalecientes, principalmente luz y las propiedades edáficas (Guariguata y Ostertag 2001, Lohbeck *et al.* 2013).

Los estadios iniciales de las selvas en Huautla se desarrollan sobre tierras agrícolas o potreros abandonados, donde la pendiente del terreno fluctúa de moderada (15-30%) a elevada (mayor a 30%), en un intervalo altitudinal de 200 a 530 msnm. Estructuralmente presentan densidad arbórea aproximada de 1 500 individuos por hectárea (ind/ha), y árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a 25 cm. Las familias con mayor número de especies presentes son Fabaceae, Malvaceae y Moraceae (Granados-Victorino *et al.* 2017).

Las especies arbóreas dominantes durante estas etapas iniciales son el espiño blanco (*Adelia barbinervis*) y palo mulato (*Bursera simaruba*), principalmente por su alta densidad y frecuencia. En la estructura vertical de la vegetación, se distingue un estrato emergente compuesto por pocos individuos de más de 20 m de altura de cedro (*Cedrela odorata*) y ceiba (*Ceiba pentandra*). El estrato arbóreo intermedio, con una altura de entre 10 y 15 m, es el de mayor riqueza donde las especies características son palo mulato (*B. simaruba*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), sangregado (*Croton draco*), tamalcahuite (*Dendropanax arboreus*), guásima (*Guazuma ulmifolia*), chalahuite (*Inga vera*) y copal (*Protium copal*). El estrato arbóreo inferior, de entre 4 y 9 m de altura, está representado principalmente por espiño blanco (*A. barbinervis*), mala mujer (*Cnidocolus multilobus*), polocastle (*Pleuranthodendron lindenii*), ramón colorado (*Pseudolmedia oxyphyllaria*), cojón de gato (*Tabernaemontana alba*) y jonote capulín (*Trichospermum mexicanum*); en el mismo estrato se encuentran varias especies de los géneros *Heliocarpus* y *Piper*, así como bejucos y aráceas. En los sitios de mayor altitud (500 msnm) se distribuyen encinares tropicales de *Quercus glaucooides* y *Q. oleoides* (figuras 2 y 3), y en las zonas más



Figura 3. Perfil fisionómico que muestra la composición arbórea de la selva mediana subperennifolia en un estadio inicial del municipio Huautla. Fuente: Granados-Victorino *et al.* 2017.

abiertas se desarrollan individuos de la palma *Sabal mexicana*.

Dentro del municipio de Huautla se desarrollan algunos fragmentos de selva mediana subperennifolia en estadios intermedios y maduros, en sitios con pendientes pronunciadas (serranías y cañadas) y en altitudes bajas, que van de los 90 a 470 msnm. Estos sitios se encuentran bajo constante presión debido al avance de la agricultura, ganadería y plantaciones forestales (café y plátano). Las familias más representativas en esos estadios son Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Moraceae y Sapotaceae (Granados-Victorino *et al.* 2017). La densidad arbórea en ellos va de 810 a 1 250 ind/ha, con DAP mayor a 25 cm, donde la menor densidad de tallos y un DAP promedio grande es indicativo de un estado sucesional de sucesión más avanzado. La altura promedio del dosel es de 11 a 18 m, con individuos de hasta 24 m de alto. El ramón (*B. alicastrum*) tiene alta tolerancia ecológica y domina un dosel continuo y denso, con estratos inferiores pobres en especies, especialmente el herbáceo (Puig 1991, Palacios-Wassenaar *et al.* 2014). Otras especies abundantes son el palo mulato (*B. simaruba*) y la guásima (*G. ulmifolia*).

En cuanto a la distribución vertical de las especies, el estrato superior está compuesto por árboles emergentes de palo mulato (*B. simaruba*), tamalcahuite (*D. arboreus*) y canacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), de más de 20 m de altura. El estrato intermedio es el más abundante con alturas de 8 a 12 m; las especies con mayor cobertura son el espino

blanco (*Adelia barbinervis*), guásima (*G. ulmifolia*), jonote (*Heliocarpus donnellsmithii*), barbasco (*Piscidia piscipula*), palma (*Sabal mexicana*), algunos individuos de amate (*Ficus spp.*), e incluso encinos (*Q. glaucoides*). El estrato inferior mide entre 4 y 8 m de altura y está representado por guarumo (*Cecropia obtusifolia*), sangregado (*Croton draco*), algodóncillo (*C. guatemalensis*), copal (*Protium copal*), cojón de gato (*Tabernaemontana alba*) y campanilla (*Trophis racemosa*, figura 4).

Puig (1991) menciona que la asociación madura más abundante en la región es de ramón (*Brosimum alicastrum*) con misanteco (*Licaria capitata*); sin embargo, en evaluaciones recientes ésta no se registró en ninguna localidad, probablemente debido a que no existe una tendencia conocida o final predecible para la sucesión de las comunidades vegetales (Chávez-Costa *et al.* 2000), pues no siempre es un proceso lineal y rara vez se alcanza el mismo equilibrio (Wiegleb y Felinks 2001).

La familia Fabaceae fue la más representativa por número de especies, pero no por su importancia estructural dentro de la selva mediana subperennifolia de Huautla, tal como ocurre en otros estados del país (Godínez-Ibarra y López-Mata 2002, Sánchez *et al.* 2007, Gutiérrez-Báez *et al.* 2012, Zamora-Crescencio *et al.* 2012). Lo anterior se debe a que las especies de la familia Fabaceae presentan alta tolerancia a diferentes condiciones ambientales y son comunes en vegetación secundaria (Rzedowski 1978, Puig 1991, Pennington y Sarhukán 1998, Zamora-Crescencio *et al.* 2008).



Figura 4. Perfil fisiológico que muestra la composición arbórea de la selva mediana subperennifolia en etapa madura del municipio Huautla. Fuente: modificado de Granados-Victorino *et al.* 2017.

Las familias más comunes son Burseraceae, Malvaceae y Moraceae, y las especies más comunes fueron: espino blanco (*Adelia barbinervis*), ramón (*Brosimum alicastrum*), (*Bursera simaruba*), guásima (*G. ulmifolia*) y copal (*P. copal*). En relación a la riqueza biológica, Puig (1991) registró 49 especies arbóreas para la selva de la Huasteca Hidalguense, mientras que Villaseñor (2016) indica que en el bosque tropical húmedo (equivalente a selva mediana subperennifolia) de Hidalgo existen 194 especies de plantas vasculares. Granados-Victorino y colaboradores (2017) registraron cerca de 120 especies de porte arbóreo sólo en el municipio Huautla (apéndice 4). Estos datos indican que el conocimiento sobre la composición y distribución de flora de la región todavía es incompleto, por lo que es indispensable concentrar esfuerzos para conocer su biodiversidad antes de que las especies desaparezcan a causa de la perturbación por actividades humanas (Martínez-Cabrera *et al.* 2019).

Turner y Corlett (1996) refieren que las selvas secundarias parecen contener alta riqueza de especies en áreas pequeñas, pero en áreas grandes suelen ser monótonas florísticamente y contienen menos especies que las selvas primarias. No obstante, la presencia de corredores de vegetación en distintas etapas de regeneración, como ocurre en la selva mediana subperennifolia de Huautla, puede facilitar el restablecimiento de poblaciones de especies características de selva primaria. La vegetación

secundaria contigua a un remanente de selva primaria puede proveer recursos extras para algunas especies, facilitando el movimiento y amortiguando cambios en el microclima del fragmento adyacente (Turner y Corlett 1996, Vélchez *et al.* 2008, Chazdon *et al.* 2009).

Conclusiones y recomendaciones

La selva mediana subperennifolia de Hidalgo ha experimentado una drástica y constante disminución en su cobertura desde hace varias décadas, a causa del crecimiento poblacional, la agricultura de temporal y la ganadería, aunado a la explotación de especies de importancia forestal y el consumo de leña. Las acciones de conservación deben estar encaminadas a disminuir el efecto de estos factores, además de que deben ser integrales, a corto plazo e incluir programas de educación ambiental. Los programas sociales que incluyen la generación de fuentes de empleo y la estabilización en el crecimiento poblacional son también necesarios para disminuir a escala local la presión sobre los recursos naturales.

El conocimiento de la biodiversidad de la selva mediana subperennifolia de Hidalgo todavía es incipiente, por lo que es urgente que se realicen los estudios correspondientes, para que se puedan desarrollar programas de manejo y conservación adecuados y específicos para este tipo de vegetación.

Referencias

- Challenger, A. y J. Soberón. 2009. Los ecosistemas terrestres. En: *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 87-108.
- Chazdon, R.L., C.A. Peres, D. Dent *et al.* 2009. The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conservation Biology* 23(6):1406-1417.
- Chávez-Costa, A.C., D. Granados-Sánchez y G. López-Ríos. 2000. Sucesión de grupos ecológicos de árboles en una selva mediana subperennifolia secundaria. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 6(1):5-14.
- CCRS, CONABIO, CONAFOR, INEGI y USGS. Canada Centre for Remote Sensing, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional Forestal, Instituto Nacional de Estadística y Geografía y U.S. Geological Survey. 2010. *Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros*. CCA, Canadá.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO. Escala 1:1 000 000*. CONABIO, México.
- . 1999. *Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO. Escala 1:1 000 000*. CONABIO, México.
- Flores, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. CONABIO/UNAM, México.
- Godínez-Ibarra, O. y L. López-Mata. 2002. Estructura y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 73(2):283-314.
- Granados-Victorino, R.L., A. Sánchez-González, D. Martínez-Cabrera y P. Octavio-Aguilar. 2017. Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:122-135.
- Guariguata, M. y R. Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148(1-3):185-206.
- Gutiérrez-Báez, C., J. Ortiz-Díaz, J. Flores-Guido y P. Zamora-Crescencio. 2012. Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica* 33:151-174.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Pronuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huautla, Hidalgo*. En: <http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13025.pdf>, última consulta: febrero de 2020.
- Lohbeck, M., L. Poorter, E. Lebrija-Trejos *et al.* 2013. Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical forest. *Ecology* 94(6):1211-1216.
- Luna, J. 1997. *Monografía de la huasteca hidalguense*. Serie Cuadernos hidalguenses. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo, México.
- Martínez-Cabrera, D., N.N. Hernández-Hernández, B. Isidro-Hernández *et al.* 2019. Diversidad de licopodios y helechos del bosque tropical subcaducifolio del estado de Hidalgo, México. *Acta Botanica Mexicana* 126:e1434.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Colegio de Postgraduados/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Texcoco.
- Palacios-Wassenaar, O., G. Castillo-Campos, S. Vázquez-Torres y S. Amo R. 2014. Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:125-142.
- Pennington, T. y J. Sarukhán. 1998. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. UNAM/Fondo de Cultura Económica, México.
- Puig, H. 1991. *Vegetación de la Huasteca (México), estudio fitogeográfico y ecológico*. Instituto de Ecología A.C./CEMCA/ Institut Francaise de Recherche Scientifique Pour le Developpement en Coopération, México.
- Puig, H. y D. Lacaze. 2004. Huasteca y biodiversidad. En: *La Huasteca, un recorrido por su diversidad*. J. Ruvalcaba-Mercado, J. Pérez Zevallos y O. Herrera (coords.). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social/El Colegio de San Luis, A.C./El Colegio de Tamaulipas, México, pp. 129-152.
- Rzedowski, J. 1966. *La vegetación del Estado de San Luis Potosí*. Tesis doctoral. UNAM, México.
- . 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Sánchez-González, A., J.D. Tejero-Díez, Y. Pérez-Atilano *et al.* 2016. *Helechos y licopodios del estado de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Sánchez, O., G. Islebe y M. Valdez. 2007. Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la selva mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana* 9(2):17-26.
- sarh. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. *Inventario Nacional de Gran Visión, 1991-1992; uso de suelo y vegetación. Escala 1:1 000 000*. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre-SARH, México.
- Trejo, O. 1998. *Principales tipos de vegetación del estado de Hidalgo*. Tesis de ingeniería forestal. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco.

- Turner, I.M. y R.T. Corlett. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology and Evolution* 11(8):330-333.
- Vílchez, B., R.L. Chazdon y W. Alvarado. 2008. Fenología reproductiva de las especies del dosel en bosques secundarios y primarios de la región Huetar Norte de Costa Rica y su influencia en la regeneración vegetal. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 5(15):16-33.
- Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.
- Villaseñor, J.L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(suppl.):S134-S142.
- Villavicencio, M.A. y B.E. Pérez-Escandón. 2005. *Guía de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua de Hidalgo*. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEH, México.
- Wiegleb, G. y B. Felinks. 2001. Predictability of early stages of primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia, Germany. *Applied Vegetation Science* 4(1):5-18.
- Zamora-Crescencio, P., G. García, S. Flores y J.J. Ortiz. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 26:39-66.
- Zamora-Crescencio, P., C. Gutiérrez-Báez, W. Folan *et al.* 2012. La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpepul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica* 33:131-150.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Metztitlán, una región compleja

Ma. del Carmen López Ramírez
y María del Consuelo Cuevas Cardona

Introducción

El municipio de Metztitlán está ubicado entre los 20° 23' y 20° 46' N y los 98° 39' y 98° 56' O, a una altitud de entre 900 y 2 700 msnm. Colinda al norte con los municipios Eloxochitlán, Molango de Escamilla y Xochicoatlán; al este con Zacualtipán de Ángeles y San Agustín Metzquititlán; al sur con Atotonilco El Grande y Actopan; y al oeste con Santiago de Anaya y Cardonal (figura 1). Es uno de los municipios de mayor extensión en Hidalgo, pues su territorio representa 3,97% de la superficie de la entidad. Cuenta con 84 comunidades, 34 barrios (Gobierno Municipal 2006) y una población total de 20 623 habitantes (SEDESOL 2013). Está ubicado dentro de las provincias Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico (también denominado Faja Volcánica Transmexicana), lo que genera un imponente y contrastante paisaje incrustado entre profundas barrancas y valles (figura 2).

En Metztitlán se encuentran desde bosques de pino y encino en las partes altas de la región (como en la comunidad de Mesa Grande, aproximadamente a 2 020 msnm), hasta matorral xerófilo, que en promedio prevalece entre los 1 100 y 1 750 msnm. En el fondo de la barranca se encuentra el valle o vega de Metztitlán, que da inicio en la comunidad de Acalome. Abarca cerca de 40 km de longitud y está limitada por dos cordilleras de montañas por las que concurren arroyos y ríos tributarios; de estos últimos, los más importantes son el de Tulancingo y el de San Agustín Metzquititlán, los cuales confluyen con otros ríos, el primero en Acalome y el segundo en Jihuico.

El clima en esta región es variado: 49% de su territorio mantiene un clima seco semicálido, 27% semisecco templado, 8% templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, 6% templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, 6% semisecco semicálido y 4% templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (INEGI 2009). La vegetación se encuentra distribuida de acuerdo con el clima y la topografía. Por ejemplo, hacia la porción nororiental, en el límite con Zacualtipán de Ángeles y Xochicoatlán, se presenta un clima predominantemente templado subhúmedo en donde se encuentran especies de árboles como pinos (*Pinus teocote*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*) y encino (*Quercus crassifolia*), así como cultivo de maguey (*Agave salmiana*) para la elaboración de pulque. En la porción central y noroccidental, el clima es esencialmente seco semicálido y predominan las cactáceas, específicamente agrupaciones de *Opuntia*, *Cephalocereus*, *Myrtillocactus* y *Ferocactus*, entre otros géneros. En la vega de Metztitlán, el clima es seco semicálido y el paisaje se distingue por árboles como el nogal (*Juglans mollis*) y el pirul (*Schinus molle*). Sin embargo, predominan los cultivos de granos y legumbres (CONANP 2003).

Dinámica del agua

Un elemento de gran importancia en la región es la laguna de Metztitlán, cuyo contenido de agua aumenta y disminuye de acuerdo con la cantidad de lluvias ocurridas en las partes altas de la cuenca.

López-Ramírez, C. y C. Cuevas-Cardona. 2021. Metztitlán, una región compleja. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 174-179.

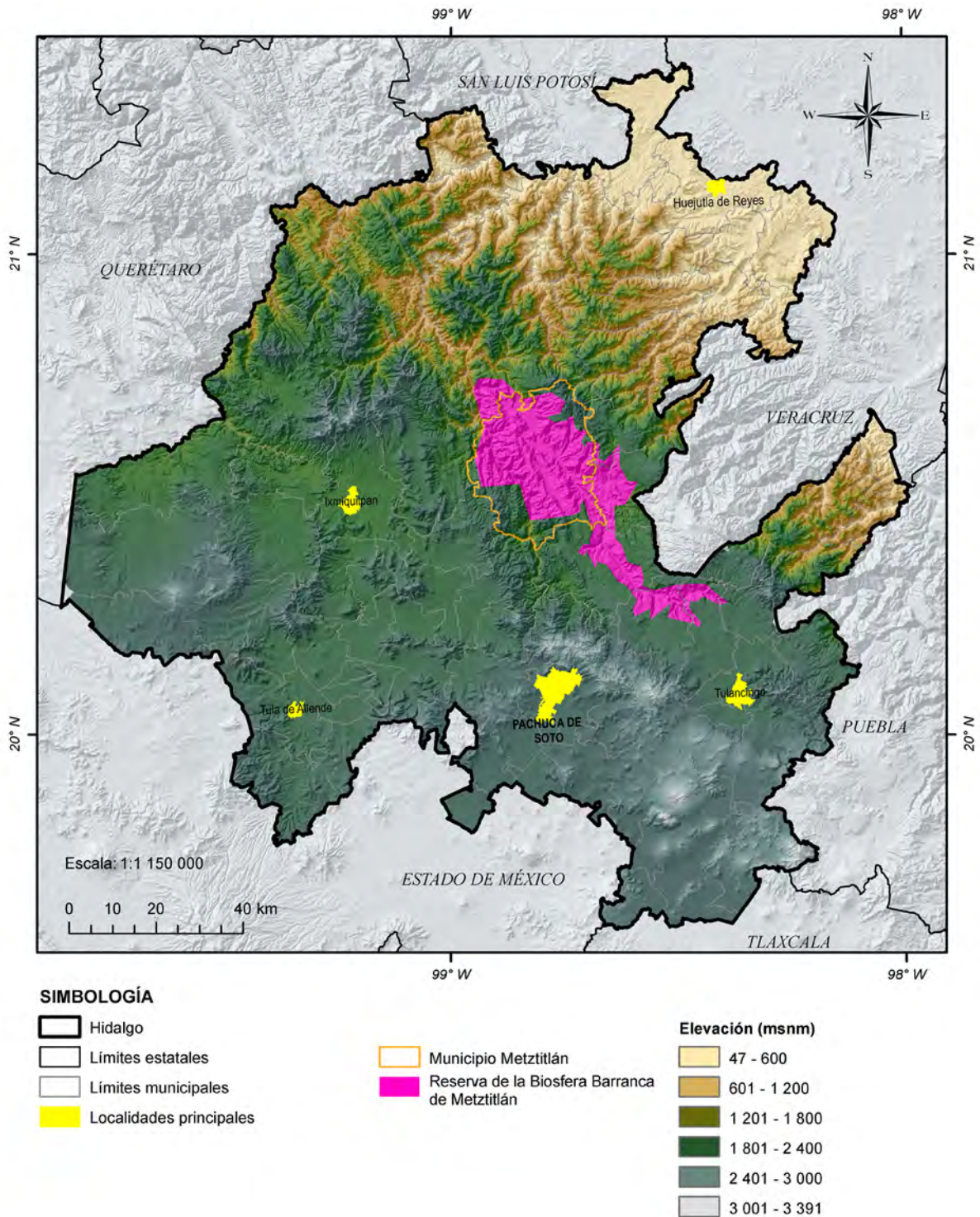


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio Metztlán. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Panorámica de la vega de Metztitlán. Foto: Carmen López.

Año tras año, dichas fluctuaciones pueden cubrir aproximadamente 700 ha, que representan la zona inundable promedio; sin embargo, si se presentan ciclones, se pueden llegar a generar grandes inundaciones, que cubren hasta 5 000 ha aledañas. Cuando esto no ocurre, cerca de 2 500 ha son utilizadas como pastizales y en menor grado como terrenos de cultivo, pero con altas probabilidades de perderse si ocurre un mínimo aumento del nivel del agua de la laguna (CONANP 2003).

La laguna es un contenedor de sedimentos con nutrientes donde ocurre la recarga de acuíferos subterráneos. Provee de agua a varios pozos profundos que son empleados para el riego agrícola, y sirve como estabilizadora de las condiciones climáticas locales, principalmente de la temperatura; además, durante siglos ha provisto de alimento a los habitantes de la región, a través de actividades como la caza de algunos animales y aves acuáticas, y la pesca (Osborn 1970).

La siembra y la pesquería de tilapias, carpa y bagre, proporciona rendimientos en beneficio de 120 pescadores asesorados anteriormente por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Dirección de Pesca del Estado de Hidalgo. Los pescadores se encuentran organizados en cuatro grupos: Hualula (con 35 pescadores), San Cristóbal (35), Nueva Esperanza (18) y Yateco (32). Estas personas combinan su actividad pesquera con la agricultura y, en menor medida, ofrecen recorridos en lancha por la laguna que complementan con la preparación de alimentos.

El río Metztitlán cruza de sureste a noroeste a lo largo del valle, hasta desembocar en la laguna. Es de naturaleza torrencial y su cauce es divagante, ya que ha cambiado en varias ocasiones. Estos cambios son muy complejos y dependen de diversos factores, pero son visibles cerca del pueblo de Atzolcintla (figura 3), y en Amajatlán y El Pedregal, ya que antes el río pasaba justo por esas poblaciones,

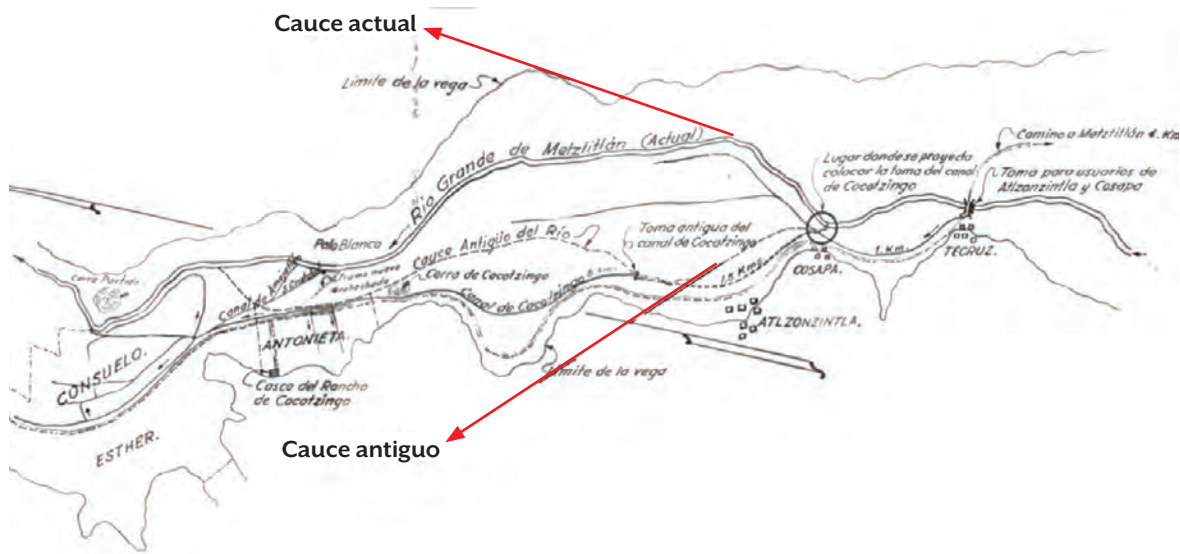


Figura 3. Croquis de la vega de Metztlán, tramo Cocotzingo-Tecruz. Se señala el cauce antiguo del río Metztlán así como el actual. Fuente: AHA 1940.

casi pegado a la cordillera de montañas del lado noreste de la vega. Ahora, el cauce pasa a poco más de 3 km al borde de la población de San Cristóbal, donde continúa su camino hasta la laguna, muy cerca de la cordillera de montañas de la parte noroeste de la región. Personas del lugar consideran que este cambio sucedió en 1944;¹ sin embargo, ningún estudio se ha ocupado de analizar a fondo qué efectos ha tenido en la región la divagación del cauce del río, tanto desde el punto de vista biológico como social.

Aspectos históricos relevantes sobre la vegetación

La gran cantidad de endemismos de cactáceas existentes en la región fue un aspecto que llamó la atención de los primeros botánicos que exploraron la zona (véase *Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán* en esta obra). A partir del recorrido realizado en el sitio en 1864 por la Comisión Científica de Pachuca, el naturalista Manuel María Villada, quien formaba parte de esta comisión, dedicó una parte importante de su trabajo a la descripción de las cactáceas y destacó que en Metztlán pudo ver y coleccionar el mayor número de

especies (Villada 1865). Posteriormente, ya en el siglo xx, botánicos como Sánchez Mejorada, González Medrano y Bravo Hollis realizaron estudios que llevaron a plantear la necesidad de vedar la zona para evitar la explotación y el saqueo de cactáceas, principalmente por extranjeros que lo hacían a gran escala (Cuevas-Cardona *et al.* 2008). El establecimiento de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán (RBBM) generó acciones que van desde la educación ambiental hasta el establecimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), que sin duda han permitido la protección y manejo de este grupo emblemático.

Hasta mediados del siglo xx, cuando los pueblos solicitaron el reparto de tierras, los bosques de encino estaban presentes en comunidades como Tlaxco, Santiago Tetlapayac, Itztazacuala, San Agustín Tepatetipa, El Pedregal y Mesa Grande. No obstante, diferentes factores han propiciado su pérdida. En Tlaxco, por ejemplo, en 1936 se detectó que el bosque de encino que rodeaba al poblado era talado de manera desordenada y que habían ocurrido incendios, algunos accidentales y otros intencionales, que convirtieron los “tupidos y hermosos bosques en pequeños manchones de árboles”, lo que generó “grandes claros de bosque destruidos por

¹ Información obtenida de Adolfo López y Onésimo García, originarios de Atzolcintla y Chimalacatla, respectivamente.

el fuego” (AGA 1936). En una carta de Mesa Grande, en 1939, los habitantes se quejaban de que se realizaba tala inmoderada por algunos habitantes del pueblo de Eloxochitlán (AGA 1939). El resultado ha sido la disminución de los bosques de encino, e incluso su desaparición en algunos sitios, como Itztzacuala.

Poblaciones y su conocimiento de la diversidad

En Metztitlán los pueblos siempre han tenido una distribución compleja; por un lado, se encuentran los asentamientos de la vega, que han conformado centros importantes y con gran número de habitantes durante diferentes periodos y, por otro lado, existen aquellos que se localizan en la sierra, que son más pequeños y están ubicados de manera dispersa (Lorenzo 2001). Como se ha visto en diferentes partes del mundo, los principales centros de población se establecen cerca de las fuentes de agua, como ríos, lagos y lagunas, de modo que el control de las aguas determina las redes administrativas y la economía local de los pueblos, capitales y subordinados. Esta situación puede observarse en Metztitlán, donde la cabecera municipal se encuentra cerca del río y de los recursos agrícolas. Aunque está alejada del peligro de las inundaciones (por estar en una parte alta), está ubicada aún en la vega, al alcance de los recursos de la agricultura, la laguna y cerca de otros centros urbanos importantes.

En general, la distribución de las poblaciones en la región habla del conocimiento que ha tenido la gente de su entorno, tanto para facilitar el acceso a los bienes que les proveían la laguna y la vega, como para mitigar los riesgos de las inundaciones. Sin embargo, también es posible encontrar viviendas en las partes altas de los cerros, así como en lugares de riesgo, donde pueden ser arrastradas por el agua. Bouchez (1937) refirió la ubicación estratégica de los asentamientos humanos y señaló que las casas de la vega se habían construido de zacate, caña y barro; en cambio, las de las laderas eran elaboradas de cal y canto, de modo que estaban “hechas para durar”, lo que denota las distintas adaptaciones realizadas por los pobladores para sobrevivir en ese ambiente cambiante.

Las diferentes características de la región también influyen en las actividades a las que se dedican las personas. Además de la pesca que realizan las comunidades que están cerca de la laguna, la agricultura (mecanizada y con uso de agroquímicos) es la actividad más importante. En la vega, esta actividad es de riego y su producción alcanza para el consumo regional y para llevar los excedentes a otros mercados del país. Los principales cultivos son maíz, frijol, chile, calabaza, tomate de cáscara y nuez. En las partes altas existe también la agricultura, pero ésta es de temporal y su producción es menor, destinándose principalmente al autoconsumo, aunque en ocasiones hay excedentes que se venden en las plazas de Metztitlán y Zacualtipán. Aquí, además de maíz y frijol, también se cultivan hortalizas y magueyes, y sus productos derivados, como el pulque.

Debe aclararse que la agricultura forma parte de un patrimonio cultural del cual derivan prácticas y labores ancestrales de trabajo con la tierra, así como conocimiento sobre las características del ambiente para el desarrollo de los cultivos. Un ejemplo de esto es que en Metztitlán se alberga una importante diversidad de razas de maíz. Durante 2008 y 2009, el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrollaron un proyecto para conocer la diversidad y distribución actual de maíz nativo en el estado de Hidalgo, incluyendo el municipio Metztitlán. Entre los datos que se obtuvieron del estudio, se identificaron 15 razas de maíz en las comunidades de Tlaxco, La Rivera (parte alta) y Huayateno (vega), las cuales han sido conservadas por 16 productores. Por lo anterior Metztitlán, como parte de la región de la Sierra Baja,² fue uno de los sitios con mayor diversidad genética (Pérez Camarillo *et al.* 2010).

Para algunos pueblos como El Palmar, Itztzacuala y Tlaxco, el aprovechamiento de la palma (*Brahea dulcis*) es una actividad económica importante, pues con sus hojas se elaboran artesanías. Sin embargo, desde que se estableció la RBBM, su uso se ha restringido. Si bien las poblaciones de esta

2 Esta región comprende los municipios Metztitlán, Cardonal, Santiago de Anaya y Atotonilco El Grande (Pérez Camarillo *et al.* 2010).

especie han disminuido, hay experiencias en el país en las que el conocimiento campesino y la organización social han llevado a una buena regularización y aprovechamiento sustentable de este recurso (Illsley *et al.* 2001). Tal vez el trabajo que se requiere para lograr esto es grande, pero en una zona como Metztlán, un área natural protegida bajo el estatus de reserva de la biosfera, es una necesidad urgente por resolver.

Conclusiones

Metztlán es una región compleja donde se ha engendrado a lo largo de la historia una gran diversidad biológica y cultural. El establecimiento de la RBBM ha tenido logros, como la disminución del saqueo de cactáceas y un mayor control de la tala.

Referencias

- AGA. Archivo General Agrario. 1936. *Censo general e informe del poblado de Tlaxco*. Expediente 23/1715. AGA, México.
- . 1939. *Carta del 14 de junio encontrada en el Censo agrario de la Mesa Grande*. Expediente 23/10239. AGA, México.
- AHA. Archivo Histórico del Agua. 1940. *Concesión*. Expediente 29964. AHA, México.
- Bouchez, A. 1937. *Exploración sanitaria del sistema de riego número 8 de la Comisión Nacional de Irrigación, Vega de Metztlán*. Tesis de licenciatura en medicina. UNAM, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán*. SEMARNAT, México.
- Cuevas-Cardona, C., A.P. Martínez-Falcón y O. Molina-González. 2008. Los científicos en la creación de las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo. En: *Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo*. G. Pulido-Flores, A.L. López Escamilla y M.T. Pulido-Silva (eds). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 1-22.
- Gobierno Municipal. 2006. *Plan Municipal de Desarrollo Metztlán Hidalgo 2006-2009*. En: <<http://portalesmunicipales.campohidalguense.gob.mx/metztlan/docu/plannedesarrollo.pdf>>, última consulta: 22 de diciembre de 2017.
- Illsley, C., J. Aguilar, J. Acosta *et al.* 2001. Contribuciones al conocimiento y manejo campesino de los palmares de *Brahea dulcis* (HKB) Mart. en la región de Chilapa, Guerrero. En: *Plantas, cultura y sociedad. Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI*. B. Rendón, S. Rebollar, J. Caballero y M.A. Martínez (eds.) UAM Izta-palapa/SEMARNAP, México, pp. 259-289.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Pronuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Metztlán, Hidalgo*. INEGI, México.
- Lorenzo, C. 2001. *Metztlán, Hgo., en el siglo XVI: economía y política*. Tesis de maestría en historia de México. UNAM, México.
- Osborn, W.S. 1970. *A community study of Metztlán, new spain, 1520-1810*. Tesis de doctorado en etnohistoria. Universidad de Iowa, Estados Unidos.
- Pérez Camarillo, J.P., J.M. Hernández Casillas, L. Martínez Hernández *et al.* 2010. *Diversidad y distribución actual de los maíces nativos en el estado de Hidalgo*. Informe final de actividades 2008-2009 SNIB-CONABIO, Proyecto No. FZ016. Centro de Investigación Regional Noroeste-INIFAP, México.
- SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. 2013. *Unidad de microrregiones. Cédula de información municipal. Metztlán*. En: <<http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=zap&ent=13&mun=037>>, última consulta: 22 de diciembre de 2017.
- Villada, M.M. 1865. Estudios sobre la flora y estudios sobre la fauna. En: *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca* (edición facsimilar). R. Almaraz (coord.). Centro de Investigaciones sobre el Estado de Hidalgo-UAEH, México, pp. 197-345.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Hongos del bosque relicto de haya (*Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*)

Ricardo Valenzuela Garza, Tania Raymundo Ojeda, Silvia Bautista Hernández, Yenitze Areli García Martínez, Marco Antonio Bravo Álvarez, María Magdalena Contreras Pacheco, Mauricio Ricardo Palacios Pacheco, Isolda Luna Vega, Jesús García Jiménez, Arantza Aglae Rodríguez Salazar y Leticia Romero Bautista

Introducción

Los bosques de haya son comunidades vegetales considerados relicto del Mioceno, que se encuentran distribuidos en pequeños fragmentos (1 - 42.5 ha) en los bosques mesófilos de montaña (Rodríguez-Ramírez *et al.* 2013). La especie arbórea que domina estas comunidades vegetales es *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, la cual se encuentra catalogada en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010). Esta especie se caracteriza por tener fustes rectos y un diámetro a la altura del pecho que va de los 40 cm hasta 1 m. Su corteza es delgada, de color gris con manchas de diferentes coloraciones muy similar a la especie de *Fagus grandifolia* que se encuentra en Estados Unidos (Godínez-Ibarra *et al.* 2007).

En la actualidad su distribución se restringe a 10 poblaciones en el bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental (Williams-Linera *et al.* 2003) en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Puebla e Hidalgo; en este último se encuentra la población de mayor extensión y mejor conservada en México (Ehnis 1981, Williams-Linera *et al.* 2003, Godínez-Ibarra *et al.* 2007), con una superficie de 45 ha en un área con un relieve accidentado con pendientes mayores a 45% (Pérez-Rodríguez 1999, Godínez-Ibarra *et*

al. 2007). Dicha área se ubica en el ejido La Mojonera, dentro de la región nororiental del municipio Zacualtipán (20° 39' 41" N, 98° 39' 17" O). El material litológico predominante son rocas volcánicas terciarias y cuaternarias; los suelos predominantes son Andisol vítrico y húmico, según la clasificación de la FAO-UNESCO. El clima es tipo C(fm), templado húmedo con lluvias todo el año y con una temperatura media anual de 12.7°C (Godínez-Ibarra *et al.* 2007).

Además de la haya, el estrato arbóreo superior se encuentra conformado por varias especies de encino y pino (p.e. *Quercus trinitatis*, *Q. delgadoana*, *Pinus patula*, *P. teocote*; Rodríguez-Ramírez *et al.* 2016). El estrato medio (10 - 20 m) se compone principalmente por *Magnolia schiedeana*, *Clethra macrophylla* y *Liquidambar styraciflua* (Godínez-Ibarra *et al.* 2007); mientras que el estrato bajo (2 - 10 m) se encuentra dominado por *Cleyera integrifolia*, *Nectandra heydeana*, *Prunus serotina* subsp. *capuli*, *Symplocos limoncillo* y *Ternstroemia sylvatica*.

Por su parte, los hongos son organismos agrupados en el reino Fungi que incluye levaduras, mohos y diversos esporomas¹ macroscópicos, por lo que es difícil realizar una diagnosis diferencial concisa; no obstante, en general pueden ser descritos como organismos filamentosos con crecimiento apical, eucarióticos, heterótrofos por absorción,

¹ Un esporoma es la forma común en la que se reconoce un hongo; dicha forma corresponde a la fase reproductiva de estos organismos (Ulloa y Hanlin 2006).

Valenzuela, R., T. Raymundo, S. Bautista-Hernández, Y. García-Martínez, M.A. Bravo, M.M. Contreras-Pacheco, M.R. Palacios-Pacheco, I. Luna-Vega, J. García-Jiménez, A.A. Rodríguez Salazar y L. Romero-Bautista. 2021. Hongos del bosque relicto de haya (*Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*). En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 181-187.

con reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa (Herrera y Ulloa 1990). El reino Fungi incluye los *phyla* Chytridiomycota, Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota. En los últimos dos grupos se concentra 90% de las especies de este reino (Kirk *et al.* 2008). Las especies determinadas en este estudio se adscriben a los ascomicetos y basidiomicetos, por lo que el presente capítulo se enfoca en la descripción de la diversidad de estos dos grupos en bosques de haya dentro de Hidalgo.

Diversidad

Los hongos que aquí se presentan tienen distribución restringida a un área dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (subprovincia fisiográfica Carso Huasteco), en el ejido La Mojonera, en la zona donde se encuentra la población de haya de mayor extensión y mejor conservada en México (Ehnis 1981, Williams-Linera *et al.* 2003, Godínez-Ibarra *et al.* 2007).

En los bosques de *Fagus grandifolia ssp. mexicana* se han registrado varios ascomicetos como: *Xylaria hypoxylon* (Medel *et al.* 2010), *Byssosphaeria xestothele* y *Herpotrichia diffusa* (Chacón y Tapia 2013); así como *Anteaglonium abbreviatum* y *Gloniopsis praelonga* (Chacón *et al.* 2014). También se describió la especie *Marthamyces coronadoae* sobre hojas de *Fagus* en la localidad El Hayal (Raymundo *et al.* 2016), y se registraron individuos de *Bionectria ochroleuca* creciendo sobre ramas muertas de *Fagus* (Raymundo *et al.* 2017).

En cuanto a los basidiomicetos de esta localidad, existe referente de diversas investigaciones: desde inventarios (Rodríguez 2007, Rodríguez-Salazar 2016), hasta análisis ecológicos de especies micorrizógenas (De Aquino-Guerrero *et al.* 2018).

En total se cuenta con 200 especies (68 de Ascomycota y 131 de Basidiomycota, apéndice 5) enlistadas para el bosque El Hayal (ejido La Mojonera, municipio Zacualtipán de Ángeles). Estas especies se clasifican en 134 géneros, 69 familias, 30 órdenes y nueve clases. Las especies que crecen exclusivamente sobre *Fagus grandifolia ssp. mexicana* son *Annulohypoxylon cohaerens*, *A. stygium*, *A.*

truncatum, *Biscogniauxia atropunctata*, *B. nummularia*, *Diatrype decorticata*, *Hypoxylon fragiforme*, *H. fuscum* e *H. rubiginosum*.

Importancia ecológica, económica y cultural

Los hongos tienen distribución cosmopolita, pero hay especies y formas de distribución restringida o endémica, en particular las simbióticas y parásitas, que están ligadas a un determinado hábitat (Aguirre-Acosta *et al.* 2014). En el caso del bosque El Hayal, además de *Fagus grandifolia ssp. mexicana* se encuentran, en menor proporción, varias especies de *Quercus* spp., *Magnolia schiedeana* y *Clethra microfila* (Godínez-Ibarra *et al.* 2007). Por lo tanto, esta comunidad vegetal determina condiciones ecológicas muy específicas para el establecimiento de hongos saprobios de la hojarasca, del suelo y de la madera, principalmente de las hayas (Rodríguez-Salazar 2016).

Todos los grupos de hongos son muy importantes porque participan en el reciclaje de los componentes orgánicos del ecosistema y forman asociaciones complejas con otros organismos (como lo hacen los hongos micorrícicos, endófitos, epífitos, patógenos de plantas, animales y otros), de modo que además de reciclar materia orgánica, coadyuvan en la ecología de muchas especies. En el grupo de los hongos micorrícicos, los Agaricomycetes (Basidiomycota) incrementan las tasas fotosintéticas de los vegetales asociados (Deacon 2006), con lo que se aumenta la productividad y la tasa de recambio de todos los componentes del ecosistema. En El Hayal, las especies más frecuentes asociadas al haya fueron *Amanita citrina*, *A. rubescens*, *Laccaria amethystina*, *Boletellus projectellus*, *Xanthoconium separans*, *Calostoma cinnabarinum*, *Lactarius subdulcis* y *Russula emetica complexus* (figura 1; Rodríguez-Salazar 2016, De Aquino-Guerrero *et al.* 2018).

En el grupo de los endófitos (hongos que habitan en las plantas), las especies más frecuentes sobre hojas de *Fagus grandifolia ssp. mexicana* fueron *Coccomyces coronatus* y *Marthamyces coronadoae*; mientras que, en troncos y ramas son *Annulohypoxylon stygium* y *Diatrype disciformis*. Las especies que se encontraron como patógenos (por crecer en árboles vivos) son: *Biscogniauxia nummularia*, *Ganoderma applanatum*, *Kretzschmaria deusta* y *Onnia tomentosa* (figura 2).

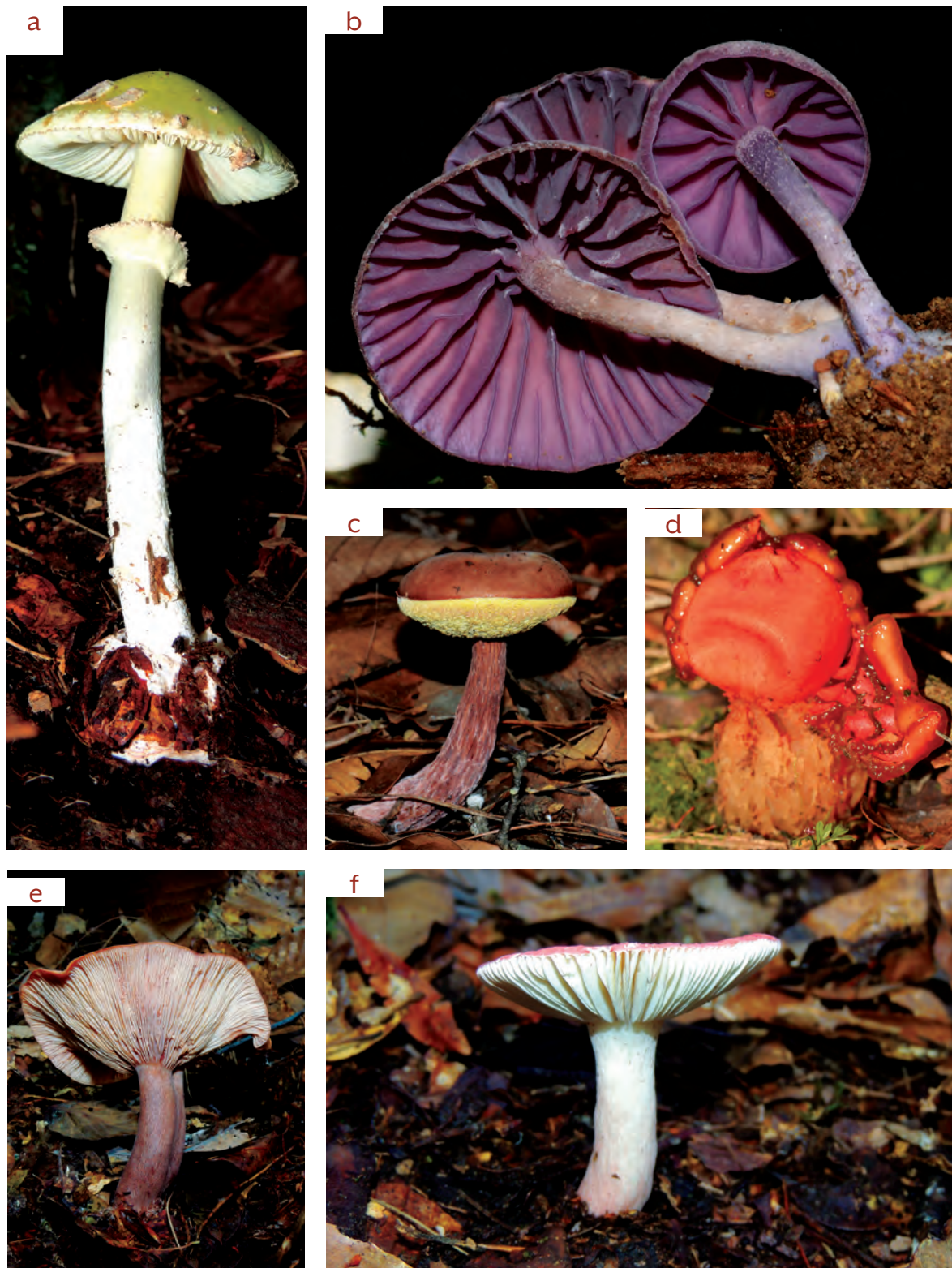


Figura 1. Especies de basidiomicetos frecuentemente asociadas a árboles de haya: a) *Amanita citrina*; b) *Laccaria amethystina*; c) *Boletellus projectellus*; d) *Calostoma cinnabarinum*; e) *Lactarius subdulcis*; f) *Russula emetica complexus*. Fotos: Ricardo Valenzuela (a, b, d), Tania Raymundo (c, e, f).

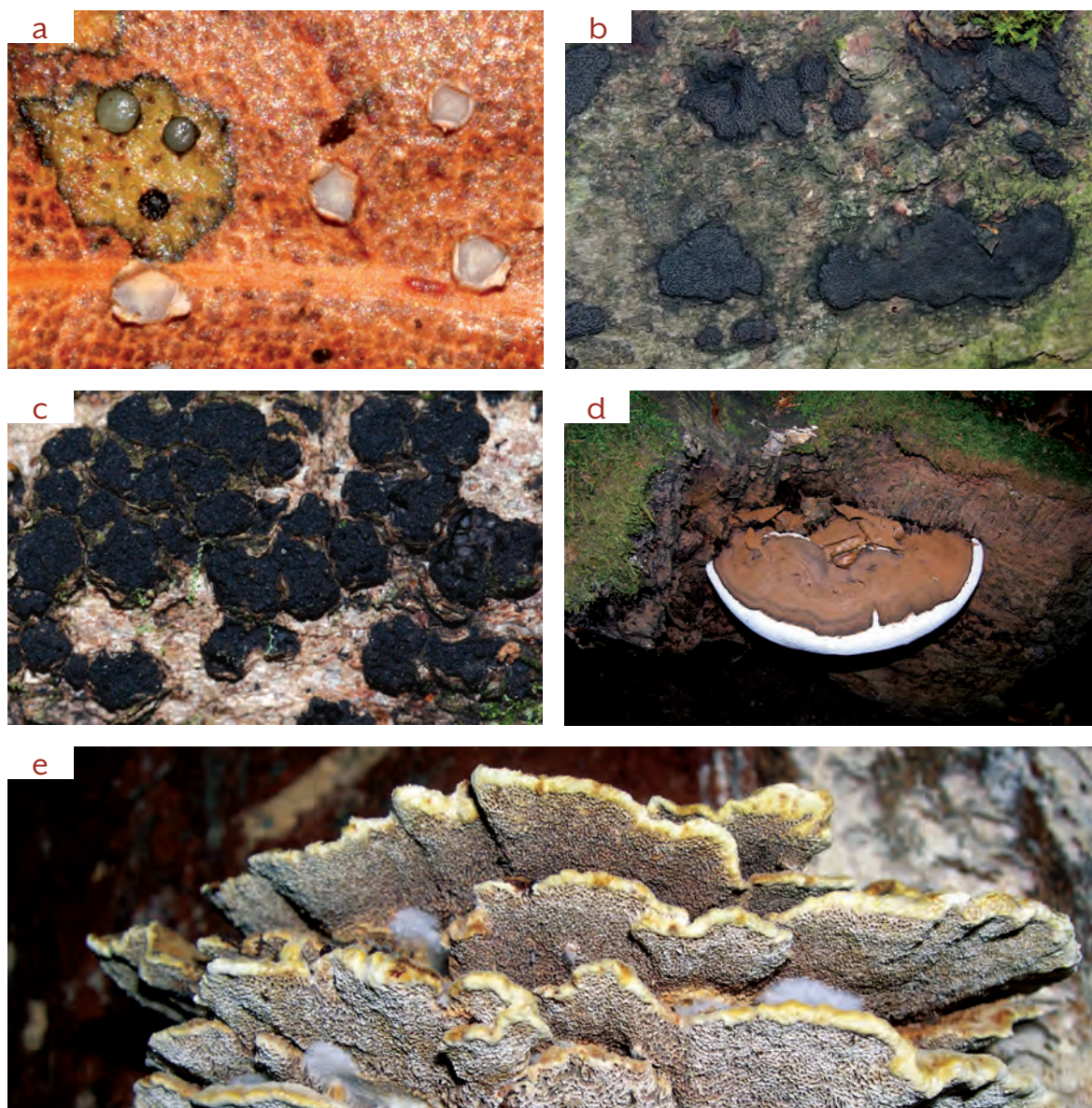


Figura 2. Hongos endófitos frecuentemente encontrados en árboles de haya: a) *Coccomyces coronatus* y *Marthamyces coronadoae*; b) *Annulohyphoxylon stygium*; c) *Diatrype disciformis*; d) *Ganoderma applanatum* (patógeno); e) *Onnia circinata* (patógeno). Fotos: Ricardo Valenzuela (a, c, d, e), Tania Raymundo (b).

Entre los hongos saprobios (que se alimentan de materia orgánica en descomposición) se encuentran *Byssomerulius incarnatus*, *Neofavolus alveolaris*, *Nigroporus vinosus*, *Panus rudis* y *Trichaptum bifforme* (figura 3). Finalmente, los hongos saprobios de la hojarasca de las hayas pertenecen a estados asexuales (conidiales) de ascomicetos.

Los hongos constituyen un recurso forestal no maderable que ha sido utilizado desde épocas

prehispánicas en México por su alto contenido nutricional y sus propiedades medicinales. México constituye un importante reservorio de dichos hongos a nivel mundial (Jiménez-Ruiz *et al.* 2013). De las especies comestibles que crecen en el bosque de haya se encuentran *Amanita rubescens*, *A. vaginata* (Hernández-Rico y Moreno-Fuentes 2010), *Calocera viscosa*, *Gymnopus dryophilus* (Montoya-Esquivel 2006, Burrola-Aguilar *et al.* 2012), *Cantharellus cibarius*



Figura 3. Ejemplos de hongos saprobios presentes en El Hayal: a) *Byssomerulius incarnatus*; b) *Neofavolus alveolaris*; c) *Nigroporus vinosus*; d) *Trichaptum bifforme*; e) *Panus rudis*. Fotos: Ricardo Valenzuela (a, c, e), Tania Raymundo (b, d).

(Villareal y Pérez-Moreno 1989), *Lactarius subdulcis*, *Lentinula boryana* y *Strobilomyces confusus* (Villareal y Pérez-Moreno 1989). En contraste, se han registrado hongos venenosos como *Amanita bisporigera* y *Omphalotus olearius* (figura 4a; Guzmán 1977), así como hongos con propiedades medicinales: *Ganoderma applanatum*, *G. curtisii* (figura 4b) y *Hericium erinaceus*.

Situación y estado de conservación

La distribución natural restringida, la fuerte presión antropogénica, y el reducido tamaño de las poblaciones de *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* en bosques mesófilos de la Sierra Madre Oriental de México, colocan a esta especie en peligro de extinción dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se calcula que en México existen aproximadamente 20 000 individuos; sin



Figura 4. Especies de hongos de importancia económica dentro del bosque de *Fagus*: a) *Omphalotus olearius* (venenoso); b) *Ganoderma curtisii* (medicinal). Fotos Ricardo Valenzuela.

embargo, este número sigue decreciendo, en parte por explotación clandestina desarrollada en los últimos años (Rodríguez-Ramírez *et al.* 2013). La densidad de la población también se ve afectada por el ciclo de vida tan largo de la especie, debido a que este árbol produce semillas cada siete años, y su viabilidad tiene varios requerimientos fisicoquímicos y ambientales. Por lo anterior, Godínez-Ibarra y colaboradores (2007) recomendaron continuar con la veda de explotación que se mantiene desde hace 40 años para este taxón, para lo cual se requiere mantener y cumplir la legislación del uso de la tierra.

Desde este punto se puede considerar a *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* como especie sombrilla de otros organismos, incluidos los hongos, los que a su vez merecen una atención particular en el proceso de conservación, ya sea por la rareza de algunas especies o por su relación estrecha con otras especies que están amenazadas. A pesar de la importante función de los hongos dentro de los ecosistemas forestales, estos no tienen planes específicos de manejo y aprovechamiento sustentable; por ello son un grupo vulnerable ante amenazas como la pérdida de hábitat. Conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010) únicamente *Cantharellus cibarius* ssp. *cibarius* se encuentra en categoría sujeta a protección especial.

Referencias

Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S. Aguilar *et al.* 2014. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:576-581.

Sin embargo, en el listado que se presenta hay otras especies que deberían ser consideradas de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Por esto, es recomendable revisar los inventarios y monitorear la diversidad de este y otros ecosistemas.

Conclusiones

Los pobladores del ejido La Mojonera han adoptado medidas para la conservación de este bosque. Por ejemplo, toda persona con interés en desarrollar actividades científicas y recreativas deberá solicitar permiso a las autoridades en turno del ejido, y todas las investigaciones deberán notificarse mediante un escrito explicando sus objetivos y justificaciones; asimismo, no se permite la extracción de plantas, animales y hongos, entre otras medidas. Por otro lado, como base para implementar acciones de conservación para los hongos, es necesario completar los inventarios micológicos de este tipo de bosques, ya que aún no se conoce el número total de especies. Debido a la falta de especialistas en los distintos grupos taxonómicos, la difícil labor de identificar y determinar las especies sigue siendo una tarea pendiente.

Burrola-Aguilar, C., O. Montiel, R. Garibay-Orijel y L. Zizumbo-Villarreal. 2012. Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de

- Amanalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología* 35:1-16.
- Chacón, S. y F. Tapia. 2013. Algunas especies del género *Byssosphaeria* (Melanommataceae, Pleosporales) de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:739-745.
- Chacón, S., F. Tapia y M. Esqueda. 2014. New records of Dothideomycetes from Mexico. *Mycotaxon* 128:145-157.
- Deacon, J. 2006. *Fungal biology*. Blackwell publishing, Reino Unido.
- De Aquino-Guerrero, A., T. Raymundo, E. Amora-Lazcano et al. 2018. Analysis of the ectomycorrhizal enzymatic functional diversity of *Fagus mexicana*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India - Section B: Biological Sciences* 88(4):1377-1387.
- Ehnis, E.A. 1981. *Fagus mexicana* Martínez, su ecología e importancia. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Godínez-Ibarra, O., G. Ángeles-Pérez, L. López-Mata et al. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en La Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:117-128.
- Guzmán, G. 1977. *Identificación de los hongos*. Limusa, México.
- Hernández-Rico, G. y A. Moreno-Fuentes. 2010. Hongos comestibles del género *Amanita* en el mercado de Acaxochitlán, Hidalgo, México. *Etnobiología* 8(1):31-38.
- Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. *El reino de los hongos. Micología básica y aplicada*. UNAM, México.
- Jiménez-Ruiz, M., J. Pérez-Moreno, J. Almaraz-Suárez y M. Torres-Aquino. 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(2):199-213.
- Kirk, P., P. Cannon, D. Minter y J. Stalpers. 2008. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. CAB International, Reino Unido.
- Medel, R., G. Guzmán y R. Castillo. 2010. Adiciones al conocimiento de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariales) en México. *Revista Mexicana de Micología* 31:9-18.
- Montoya-Esquível, A. 2006. *Potencial productivo de los hongos silvestres comestibles en los Bosques Templados de Tlaxcala*. SEMARNAT, México.
- Pérez-Rodríguez, P.M. 1999. *Las hayas de México, monografía de Fagus grandifolia ssp. mexicana*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco.
- Raymundo, T., R. Valenzuela y M. Esqueda. 2016. *Marthamyces coronadoae* sp. nov. in a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* forest from Hidalgo State, México. *Mycotaxon* 131(3):521-526.
- Raymundo, T., E. Escudero-Leyva, R. Soto-Agudelo et al. 2017. Nuevos registros de Hypocreales (Sordariomycetes, Ascomycota) del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Alta Hidalguense en México. *Acta Botanica Mexicana* 120:39-57.
- Rodríguez, E.C. 2007. *Taxonomía de la Familia Boletaceae, en los bosques templados de Zacualtipán, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería-UAEH, México.
- Rodríguez-Ramírez, E.C., A. Sánchez-González y G. Ángeles-Pérez. 2013. Current distribution and coverage of Mexican beech forests *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* in Mexico. *Endangered Species Research* 20(3):205-216.
- _____. 2016. Relationship between vegetation structure and microenvironment in *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* forest relicts in Mexico. *Journal of Plant Ecology* 138:1-11.
- Rodríguez-Salazar, A.A. 2016. *Hongos asociados al bosque relicto de Fagus grandifolia var. mexicana (Martínez) A. E. Murray en el municipio de Zacualtipán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. IPN, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Ulloa, M. y R.T. Hanlin. 2006. *Nuevo diccionario ilustrado de micología*. American Phytopathological Society, Estados Unidos.
- Villarreal, L. y J. Pérez-Moreno. 1989. Los hongos comestibles silvestres de México, un enfoque integral. *Micología Neotropical Aplicada* 2:77-114.
- Williams-Linera, G., A. Rowden y A.C. Newton. 2003. Distribution and stand characteristics of relict population of Mexican beech (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*). *Biological Conservation* 109:27-36.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ascomicetos del bosque mesófilo de montaña en la Sierra Alta Hidalguense

Tania Raymundo Ojeda y Ricardo Valenzuela Garza

Introducción

Los ascomicetos representan el grupo más grande de los hongos, constituyendo 75% del reino Fungi (Kirk *et al.* 2008). Prácticamente se encuentran en cualquier hábitat y pueden mostrar formas variadas de nutrición, ya sea saprobios (que se alimentan de materia orgánica en descomposición), parásitos (que se alimentan a expensas de un organismo huésped), o simbios (que se benefician mutuamente con el organismo al que se asocian; Alexopoulos *et al.* 1996).

Sus ciclos de vida se conforman por una fase asexual (también conocida como anamorfa o imperfecta) en la cual se reproducen por medio de esporas llamadas conidios o conidiosporas; y una sexual (también llamada perfecta o teleomorfa), cuyas esporas son producidas por meiosis originando ascosporas. Ambas fases se conocen como holomorfo, es decir, el hongo como un organismo total, en todas sus formas y fases.

La mayoría de los estudios sobre la diversidad de los hongos en México se han enfocado a las regiones templadas, y actualmente se están explorando las regiones tropicales; no obstante, un hábitat que requiere especial atención es el bosque mesófilo de montaña. Este tipo de bosque ocupa una superficie entre 0.5 y 1% del territorio nacional, por lo que es considerado el ecosistema terrestre más amenazado y catalogado como hábitat en peligro de extinción (Rzedowski 1996). La pérdida de

cobertura en el bosque mesófilo de montaña se debe a su transformación en tierra de pastoreo para el ganado y a la plantación de cultivos hortícolas. Este tipo de bosque se caracteriza por la presencia frecuente o persistente de neblina a nivel de la vegetación; de ahí que también se le conozca como bosque de niebla, selva nublada, bosque nebuloso y bosque nublado. En inglés los nombres más frecuentes son *tropical montane cloud forest* o simplemente *cloud forest*.

Estos bosques están compuestos por dos o tres estratos arbóreos, que alcanzan alturas de hasta 35 m, y son de elevada importancia debido a la extraordinaria biodiversidad que albergan y a los servicios hidrológicos que proveen. Su composición florística consiste en árboles caducifolios de afinidad holártica como liquidámbar (*Liquidambar* spp.), encino (*Quercus* spp.), haya (*Fagus* spp.) y pino (*Pinus* spp.); mientras que el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perenes de afinidad tropical, como arbustos de la familia Acanthaceae, Rubiaceae y Myrsinaceae; finalmente, en las copas de los árboles abundan epífitas de las familias Orchidiaceae, Bromeliaceae, Piperaceae y Araceae.

Otro de los elementos característicos son los helechos arborescentes; entre las especies más importantes se encuentran *Alsophila firma*, *Cyathea fulva* y *Dicksonia gigantea* (CONABIO 2010). A pesar de su importancia, el estudio de los hongos en el bosque mesófilo de montaña en México ha sido insuficiente;

Raymundo, T. y R. Valenzuela. 2021. Ascomicetos del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Alta Hidalguense. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 189-195.



Figura 1. Ascomicetos con presencia en el bósque mesófilo de la Sierra Alta Hidalguense: a) *Rhizodiscina lignyota* (Dothideomycetes); b) *Geoglossum difforme* (Geoglossomycetes); c) *Stictis stellata* (Lecanoromycetes); d) *Cerion leucophaeum* (Leotiomyces); e) *Orbilia xanthostigma* (Orbiliomycetes); f) *Pseudoplectania nigrella* (Pezizomycetes); g) *Xylaria multiplex* (Sordariomycetes). Fotos: Ricardo Valenzuela (a, b, d), Tania Raymundo (c, e, f, g).

Cuadro 1. Riqueza biológica de ascomicetos en la Sierra Alta Hidalguense, por categoría taxonómica.

Clase	Orden	Familias	Géneros	Especies
Dothideomycetes	Capnodiales	1	1	1
	Dothideales	1	1	1
	Hysteriales	1	2	2
	Mycosphaerellales	1	1	1
	Patellariales	1	3	3
	Pleosporales	1	3	5
Eurotiomycetes	Eurotiales	1	1	1
Geoglossomycetes	Geoglossales	1	2	2
Lecanoromycetes	Lecanorales	1	1	1
Leotiomycetes	Helotiales	6	16	31
	Leotiales	2	2	2
	Rhytismatales	1	5	6
Orbiliomycetes	Orbiliales	1	2	4
Pezizomycetes	Pezizales	5	12	17
	Amphisphaeriales	1	2	2
Sordariomycetes	Boliniales	1	1	3
	Chaetosphaeriales	1	1	2
	Coronophorales	2	2	2
	Hypocreales	5	10	18
	Sordariales	1	1	1
	Xylariales	4	11	51

Fuente: elaboración propia.

se destaca el trabajo de Medel (2013), quien realizó el inventario de los ascomicetos en este tipo de vegetación, contabilizando un total de 107 especies.

Diversidad

Los ascomicetos del bosque mesófilo de la Sierra Alta Hidalguense han sido enlistados y descritos en pocos estudios (p.e. Varela y Cifuentes 1979, Frutis y Guzmán 1983). Entre los más recientes se encuentra un reporte con 72 especies en el municipio Tlanchinol (Raymundo *et al.* 2016a), la descripción de *Marthamyces coronadoae* en un bosque de haya (Raymundo *et al.* 2016b), y un trabajo con siete nuevos registros de Hypocreales (Ascomycota) dentro del

bosque mesófilo de montaña (Raymundo *et al.* 2017).

Para el presente trabajo se registraron 156 especies de ascomicetos (apéndice 6) distribuidos en 80 géneros, 39 familias y 21 órdenes, de las clases Dothideomycetes (figura 1a), Eurotiomycetes, Geoglossomycetes (figura 1b), Lecanoromycetes (figura 1c), Leotiomycetes (figura 1d), Orbiliomycetes (figura 1e), Pezizomycetes (figura 1f) y Sordariomycetes (figura 1g; cuadro 1). Cerca de 75% de las especies se concentra en cuatro órdenes: Helotiales (31 especies), Hypocreales (18), Pezizales (17) y Xylariales (51). Los géneros con mayor número de especies son *Hymenoscyphus* (6) y *Lachnum* (4) dentro de Leotiomycetes; y *Xylaria* (25), *Annulohyphoxylon* (5) e *Hyphoxylon* (5) en la clase Sordariomycetes (apéndice 6).



Figura 2. Especies presentes en la Sierra Alta Hidalguense. Amplia distribución: a) *Coccomyces coronatus*; distribución restringida: b) *Urnula mexicana*; c) *Wolfina aurantiopsis*. Fotos: Ricardo Valenzuela (a), Tania Raymundo (b, c).

Distribución

En relación con la distribución de las especies, se encontró que en Tlanchinol es donde se ha registrado el mayor número de especies (72), seguido de Zacualtipán de Ángeles (66). Considerando el trabajo realizado por Medel (2013) en el que indicó que se conocían 107 especies para el bosque mesófilo de montaña en México. Cabe destacar a la Sierra Alta Hidalguense como la región con la mayor diversidad de ascomicetos en el país, con 156 especies indicadas en la presente contribución (apéndice 6). La especie *Chlorociboria aeruginosa* tiene amplia distribución en la región, y durante todo el año se encuentra en madera en descomposición de fagáceas, ocasionando una mancha en tono azul verdoso. Por su parte, *Urnula mexicana* (figura 2b) es una especie que se encuentra en las partes altas del bosque mesófilo de la sierra durante la temporada húmeda; mientras que *Wolfina aurantiopsis* (figura 2c) es una especie que se ha encontrado una sola vez en las partes más bajas y secas de la sierra.

Importancia ecológica y económica

Desde el punto de vista ecológico los ascomicetos se encuentran en cualquier hábitat y pueden mostrar cualquier forma de nutrición (Alexopoulos *et al.* 1996). La mayoría de estos organismos presentan una relación simbiótica con plantas vasculares, algas,

otros hongos, algunos animales e incluso el ser humano. En el bosque mesófilo de la Sierra Alta Hidalguense se encontraron los siguientes grupos funcionales de hongos definidos por Porras-Alfaro y Bayman (2011): endófitos (referente a aquellos que habitan en los tejidos de las plantas sin causar algún síntoma de enfermedad) con 72 especies (figura 3a), saprobios con 68 especies (figura 3b), epífitos (que crecen sobre plantas) con 12 especies (figura 3c), y micorrizógenos (asociados a raíces de plantas) con cuatro especies (figura 3d).

La especie mejor conocida (y ampliamente aprovechada en la región durante la temporada de lluvias) es *Hypomyces lactifluorum* (figura 4). Cabe destacar la variedad de nombres comunes para esta especie, entre los que se encuentran: hongos enchilados, barroso, colorado, cresta de gallina, orejas rojas, trompas de cochino, trompa de puerco y hongo de palo de águila (Guzmán 1997, Montoya-Esquivel *et al.* 2001, Gómez-Peralta *et al.* 2007, Garibay-Orijel 2009, Hernández-Rico y Moreno-Fuentes 2010, Jiménez-Ruiz *et al.* 2013).

Situación y estado de conservación

Guzmán (1998) mencionó que los ascomicetos son un grupo pobremente conocido en México, por lo que recomendó hacer estudios enfocados a ellos. Hasta 2013, la riqueza total de ascomicetos dentro del bosque mesófilo de montaña en México era de 107 especies, y la entidad mejor conocida era Vera-



Figura 3. Grupos funcionales de hongos encontrados en la Sierra Alta Hidalguense: a) *Colpoma crispum* (endófito); b) *Lachnum abnorme* (saprobio); c) *Cosmospora ustulinae* (epífita); d) *Helvella macropus* (micorrizógeno). Fotos: Ricardo Valenzuela (a, b, c), Tania Raymundo (d).



Figura 4. Hongo oreja de puerco (*Hypomyces lactifluorum*), ascomiceto comestible ampliamente aprovechado en la región. Foto: Tania Raymundo.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

cruz con 69 especies (Medel 2013). No obstante, los resultados del presente trabajo señalan la presencia de 156 especies dentro de los bosques mesófilos de montaña de la Sierra Alta Hidalguense, lo que demuestra la importancia de conservar este tipo de vegetación en la región.

Entre las especies que sólo han sido registradas para México creciendo en bosque mesófilo de montaña, y pueden considerarse diagnósticas o características de este tipo de vegetación según Medel (2013), están: *Hypoxylon fuscum*, *Bisporella citrina*, *B. sulfurina*, *Bulgaria inquinans*, *Hyalorbilia inflatula*, *Melogramma campylosporium*, *Orbilbia sarraziniana*, *Plectania rhytidia*, *Xylaria corniculata* y *X. fockei*; todas ellas registradas en la Sierra Alta Hidalguense.

Posiblemente por la falta de estudios con estos organismos, ninguna de las especies enlistadas en el presente estudio se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sin embargo, se espera que en un futuro se puedan realizar proyectos sobre la diversidad, taxonomía y filogenia de Ascomycota del bosque mesófilo de montaña en Hidalgo y en México, ya que la alta riqueza taxonómica y ecológica de los hongos encontrados sugiere una íntima relación con los procesos bioquímicos, fisiológicos y ecológicos de este ecosistema amenazado o en peligro de extinción.

Referencias

- Alexopoulos, C.J., C.W. Mims y M. Blackwell. 1996. *Introductory mycology*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2010. *El bosque mesófilo de montaña en México: Amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible*. CONABIO, México.
- Frutis, I. y G. Guzmán. 1983. Contribución al conocimiento de los hongos del estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 18:219-266.
- Garibay-Orijel, R. 2009. Los nombres zapotecos de los hongos. *Revista Mexicana de Micología* 30:43-61.
- Gómez-Peralta, M., V.M. Gómez-Reyes, M.P. Angón-Torres y L. Castro-Piña. 2007. Comercialización de hongos silvestres comestibles en los mercados y tianguis de Morelia, Michoacán. *Revista Biológicas* 9:81-86.
- Guzmán, G. 1997. *Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Introducción a la etnomicología aplicada de la región sinonimia vulgar y científica*. Instituto de Ecología, Veracruz.
- _____. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.
- Jiménez-Ruiz, M., J. Pérez-Moreno, J. Almaraz-Suárez y M. Torres-Aquino. 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(2):199-213.
- Hernández-Rico, G.N. y A. Moreno-Fuentes. 2010. Hongos comestibles del género *Amanita* en el mercado de Acaxochitlán, Hidalgo, México. *Etnobiología* 8(1):31-38.
- Kirk, P., P. Cannon, D. Minter y J. Stalpers. 2008. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. CAB International, Reino Unido.
- Medel, R. 2013. Hongos ascomicetos del bosque mesófilo de montaña en México. *Acta Botanica Mexicana* 105:87-106.

Conclusiones

Uno de los principales retos para los ascomicetos es conservar su hábitat, ya que están íntimamente ligados a sus hospederos. Por ejemplo, se sabe que diversos hongos lignícolas (que se alimentan de madera) de los órdenes Helotiales, Hypocreales, Rhytismatales y Xylariales, tienen hábitos endófitos en muchas plantas características o endémicas del bosque mesófilo de montaña como cicadas, helechos y encinos. Ante este escenario, se recomienda decretar la región como prioritaria para su conservación.

Asimismo, es importante exhortar a los pobladores de estas regiones a participar en talleres informativos sobre la importancia de los hongos en los ecosistemas; también se puede hacer llegar a zonas aledañas a través de diversos foros como las ferias y festivales de hongos que a menudo se realizan en la región.

Desde el punto de vista académico, es necesario dar difusión a los trabajos y proyectos que se están realizando con hongos (p.e. diversidad, distribución, ecología, identificación y extracción de sustancias bioactivas de interés farmacéutico), con la finalidad de que se reconozca su gran valor biológico, económico y cultural.

- Montoya-Esquivel, A., A. Estrada-Torres, A. Kong y A. Juárez-Sánchez. 2001. Commercialization of wild mushrooms during market days of Tlaxcala, México. *Micología Aplicada Internacional* 13(1):31-40.
- Porras-Alfaro, A. y P. Bayman. 2011. Hidden Fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes. *Annual Review of Phytopathology* 49:291-315.
- Raymundo, T., R. Soto-Agudelo, S. Bautista-Hernández *et al.* 2016a. Catálogo de los ascomicetos del bosque mesófilo de montaña de Tlanchinol, Hidalgo (México). *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid* 40:79-104.
- Raymundo, T., R. Valenzuela y M. Esqueda. 2016b. *Marthamyces coronadoae* sp. nov. in a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* forest from Hidalgo State, México. *Mycotaxon* 131(3):521-526.
- Raymundo, T., E. Escudero-Leyva, R. Soto-Agudelo *et al.* 2017. Nuevos registros de Hypocreales (Sordariomycetes, Ascomycota) del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Alta Hidalguense en México. *Acta Botanica Mexicana* 120:39-57.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35:25-44.
- Varela, L. y J. Cifuentes. 1979. Distribución de algunos macromicetos en el norte del Estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13:75-88.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mixobiota asociada a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*

Silvia Bautista Hernández, Elvira Aguirre Acosta, Tania Raymundo Ojeda, María Magdalena Contreras Pacheco, Daniel Alejandro Morales Guadarrama y Ricardo Valenzuela Garza

Introducción

Los mixomicetes¹ (clase Myxogastrea, *phylum* Amoebozoa, reino Protozoa), comprenden un grupo de organismos eucariontes, heterótrofos, conocidos comúnmente como mohos mucilaginosos plasmodiales, mohos mucilaginosos acelulares o mixogástridos. El ciclo de vida de estos organismos comprende tres formas distintas: 1) células ameboidales (mixamibas) con o sin flagelo, unicelulares y uninucleadas; 2) células plasmodiales, unicelulares y multinucleadas; y 3) cuerpo fructífero. En las primeras dos fases, el citoplasma se encuentra desnudo (ausencia de pared celular) y el tipo de nutrición es por ingestión (fagocitosis) de varios microorganismos como bacterias, esporas, amebas, algas y hongos. En el caso del plasmodio, su composición puede ser totalmente microscópica e incolora (protoplasmodio), o macroscópica (afanoplasmodio y faneroplasmodio); ésta última puede alcanzar varios metros de extensión, presentar coloraciones llamativas y, bajo condiciones adversas, entrar en un estado de latencia formando una estructura conocida como esclerocio (Keller y Everhart 2010). Por su parte, el cuerpo fructífero (esporóforo), estructura en la que se desarrollan las esporas, puede ser de diferentes dimensiones, formas y coloraciones: esporangios (figura 1a), etalios (figura 1b), pseudoetalios

(figura 1c) o plasmodiocarpos (figura 1d; Martin y Alexopoulos 1969, Keller *et al.* 2017).

El bosque mesófilo de montaña ha quedado restringido a enclaves dentro de la zona de transición entre los tipos climáticos tropical y templado, por lo que constituye un ejemplo actual de la teoría de los refugios ecológicos (Challenger 1998). En México, este tipo de bosque sólo se encuentra en algunos sitios de Hidalgo, Puebla, Tamaulipas y Veracruz (Miranda y Sharp 1950). Las superficies con este ecosistema son mayormente residuales, por albergar especies endémicas relictas como la haya mexicana *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, por lo que este ecosistema tiene un enorme valor científico y debe ser conservado (véase *Diversidad biológica del bosque mesófilo de montaña*, en esta obra; Vázquez-García 1995). Sin embargo, el bosque ha sido sobreutilizado como fuente de alimento y recurso maderable (Malda 1990), y actualmente se encuentra amenazado por la tala inmoderada y otras actividades humanas (Téllez-Valdés *et al.* 2006).

Se estima que existen cerca de 20 mil individuos de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en México, de los cuales el 50% se encuentra en territorio hidalguense (Pérez 1994) asociados a una gran diversidad de especies del reino Fungi, como se ve reflejado en los trabajos sobre hongos ectomicorrízicos (De Aquino-Guerrero 2016) y sobre diversidad de hongos

¹ Aunque en realidad no pertenecen al reino Fungi, los mixomicetes han sido tradicionalmente estudiados como parte de los hongos.

Bautista-Hernández, S., E. Aguirre-Acosta, T. Raymundo, M.M. Contreras-Pacheco, D.A. Morales-Guadarrama y R. Valenzuela. 2021. Mixobiota asociada a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 197-202.

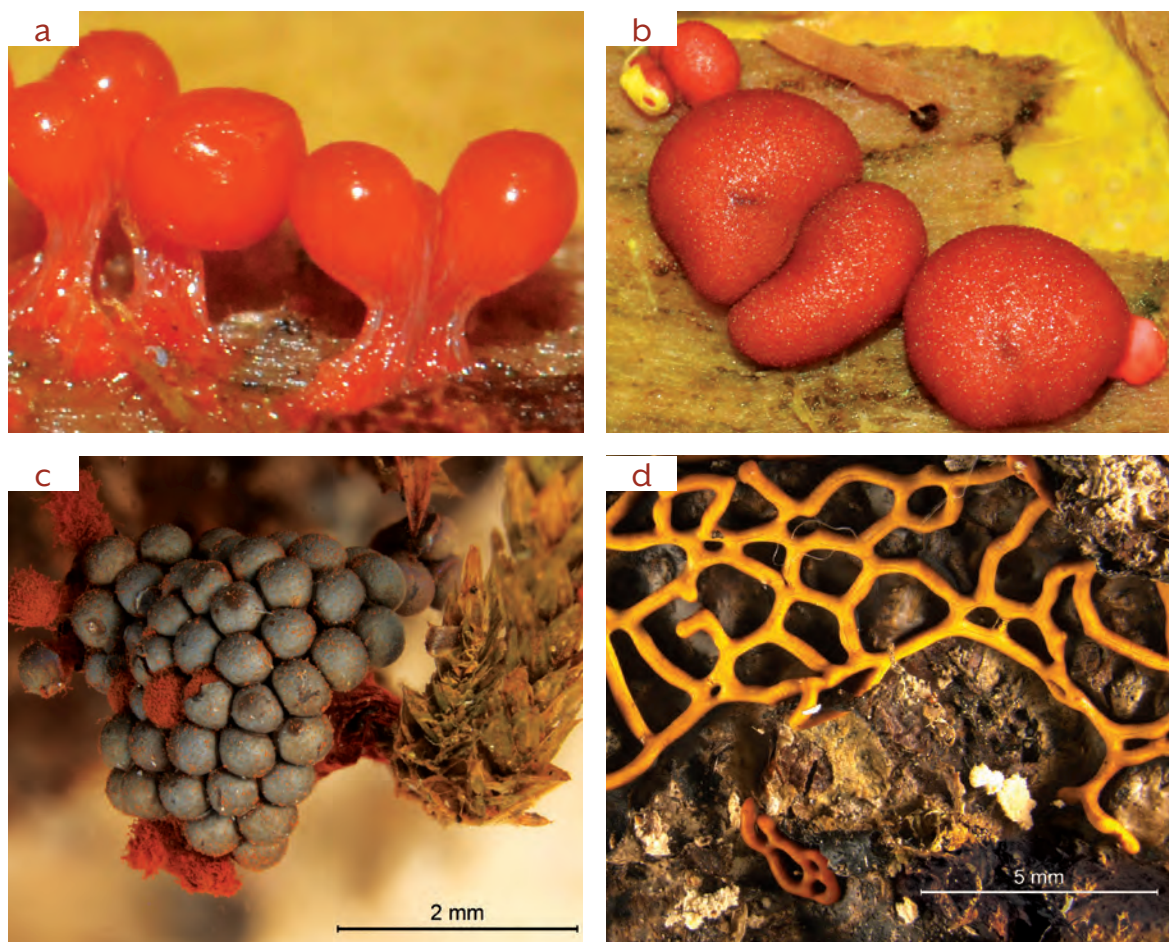


Figura 1. a) Esporangios jóvenes de *Hemitrichia calyculata*; b) etalios de *Lycogala epidendrum*; c) pseudoetaleto de *Metatrichia vesparium*; d) plasmodiocarpo de *Hemitrichia serpula*. Fotos: Ricardo Valenzuela (a), Tania Raymundo (b), Silvia Bautista (c, d).

macroscópicos (Rodríguez-Salazar 2016). Aunque se estima que hay una gran riqueza de mixomicetes asociados con el bosque de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, prácticamente no hay registros en la literatura, por lo que se considera importante la realización de estudios prospectivos.

Diversidad

A nivel mundial se conocen aproximadamente 980 especies de mixomicetes (Lado 2001). Para México se han reportado 285 especies y 11 variedades (Rodríguez-Palma *et al.* 2005); Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz y Chihuahua son los estados mejor estudiados (Rodríguez-Palma *et al.* 2005, Moreno *et al.* 2007).

En general, los reportes de mixomicetes para los bosques mesófilos de montaña del país son escasos. Por ejemplo, Heredia (1989) sólo menciona la presencia de *Arcyria incarnata* y *Lycogala flavofuscum* en bosques de Tamaulipas. Por su parte, Rodríguez-Palma y colaboradores (2009) reportan 92 especies de mixomicetes en todo el territorio hidalguense; 75 de estas especies se encuentran en el bosque mesófilo de la entidad y particularmente en este trabajo se registran 24 especies dentro de áreas con bosque de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (apéndice 7, figura 2). Esta cifra es relativamente baja si se considera la potencial diversidad existente; sin embargo, es una aproximación para continuar con estudios de la mixobiota de un bosque cuya especie arbórea dominante se encuentra



Figura 2. Ejemplos de mixobiota presente en el bosque de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*: a) *Ceratiomyxa fruticulosa* var. *fruticulosa*; b) *Craterium leucocephalum* var. *leucocephalum*. Fotos: Tania Raymundo (a), Silvia Bautista (b).

dentro de la categoría en peligro de extinción (SEMARNAT 2010).

Distribución

Los mixomicetes son organismos cosmopolitas, es decir, se encuentran distribuidos en la mayoría de los ecosistemas terrestres de zonas templadas, tropicales y subtropicales, así como en regiones áridas, árticas y subárticas (Schnittler *et al.* 2017). Tanto los esporóforos como los plasmodios habitan diversos sustratos y en general se distinguen cuatro grupos ecológicos: lignícolas (que se encuentran en cortezas y ramas de árboles en descomposición), cortícolas (presentes en cortezas y hojas de plantas vivas), humícolas (que se desarrollan sobre humus) y coprófilos (que habitan sobre estiércol de herbívoros; Rollins y Stephenson 2011). Otras categorías incluyen sustratos tan particulares como plantas suculentas, briófitas, epífitas y helechos arborescentes.

Hidalgo se encuentra dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental (donde predominan ecosistemas templados) y la provincia de la Altiplanicie (con matorrales xerófilos; Rzedowski 1978). En la entidad se han registrado 58 especies de mixomicetes en bosques de encino (*Quercus* spp.), 49 en matorral xerófilo y 35 en bosque mesófilo de montaña, sin reportar el sustrato (Rodríguez-Palma *et al.* 2009). En relación a la riqueza asociada al bosque de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, se reportan 8 especies creciendo sobre madera: *Arcyria denudata*,

Ceratiomyxa fruticulosa, *Cribraria cancellata* var. *cancellata*, *Fuligo septica*, *Hemitrichia calyculata*, *Lycogala epidendrum*, *Stemonitis* sp. y *Tubifera ferruginosa* (Rodríguez-Salazar 2016).

Importancia ecológica, económica y cultural

Los mixomicetes se encuentran en microhábitats con una abundante variedad de bacterias, hongos (esporas, hifas y esporomas), protistas y algas unicelulares. Los estados fagótrofos (mixamebas y plasmodios) son considerados consumidores primarios de bacterias (bacterívoros) y de estructuras fúngicas (fungívoros). Se ha observado que las mixamebas tienen como fuente importante de alimentación las esporas fúngicas; debido a esta característica, se sugiere que los mixomicetes pueden ser utilizados como agentes de biocontrol, reduciendo el número de esporas de hongos patógenos (Keller y Everhart 2010). Por otro lado, las bacterias constituyen la mayor parte de su dieta y se ha observado la influencia en el decremento de las poblaciones bacterianas a través de la depredación (Rollins y Stephenson 2011, Novozhilov *et al.* 2017).

Los mixomicetes son fuente de alimento de insectos (especialmente coleópteros, que consumen esporas y plasmodios); en algunos casos, la interacción es tan específica que hay especies que se alimentan exclusivamente de ellos (interacción denominada micetofagia obligada o facultativa; Buxton 1954, Wheeler 1984, Novozhilov *et al.* 2017). Algunas especies

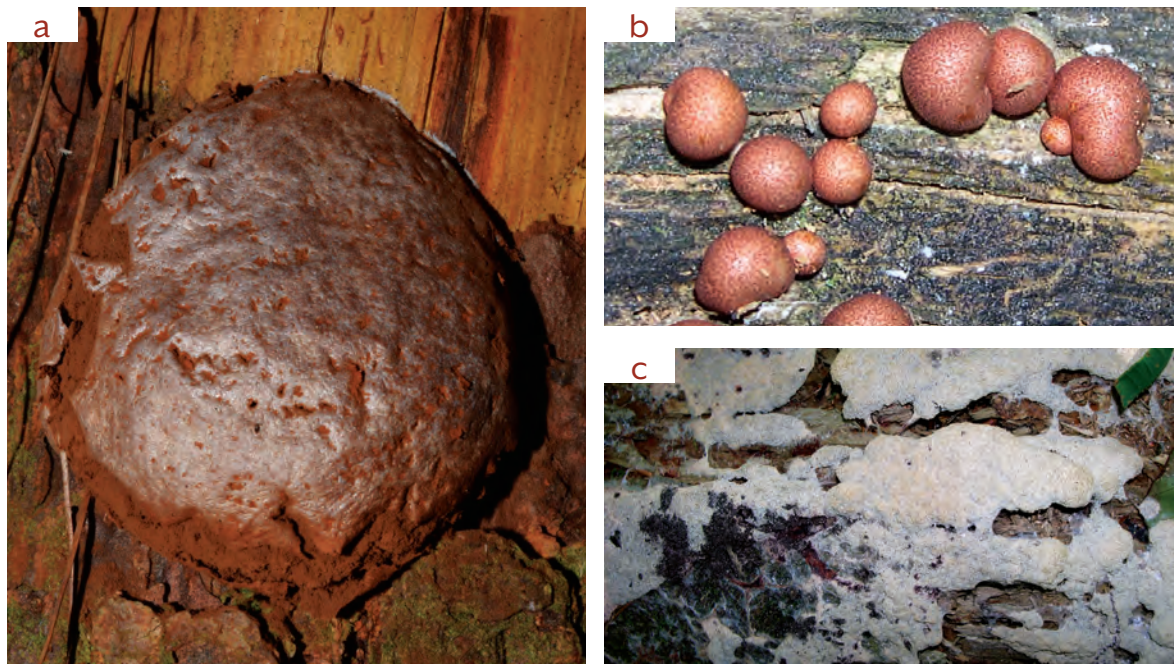


Figura 3. Especies de mixomicetes aprovechados en México: a) *Reticularia lycoperdon*; b) *Lycogala epidendrum*; c) *Fuligo septica* var. *septica*. Fotos: Ricardo Valenzuela (a), Tania Raymundo (b, c).

de nemátodos y babosas también llegan a ser consumidores importantes de los esporomas. Asimismo, se encuentran asociados a musgos y algas verde azules, siendo estos últimos una fuente de nutrientes para los mixomicetes (Novozhilov *et al.* 2017).

Desde el punto de vista biotecnológico, los mixomicetes producen varios metabolitos y se ha demostrado que estos poseen propiedades antibacteriales, citotóxicas y antioxidantes. Por ejemplo, en *Lycogala epidendrum*, los lycogalinósidos A y B han mostrado actividad inhibitoria en bacterias Gram positivas, y el ácido polimaléico extraído de *Physarum polycephalum* es considerado un potencial fármaco con actividad antitumoral (Wang *et al.* 2017).

Desde el punto de vista cultural, los mixomicetes representan una fuente de alimentación para algunas comunidades en México. Existen registros del consumo de los esporomas de algunas especies como *Reticularia lycoperdon* (= *Enteridium lycoperdon*), especie conocida por algunos pobladores del Estado de México y Veracruz como caca de luna o yemita. Asimismo, *Lycogala epidendrum* (también denominada yemita) es aprovechada en el Estado de México y el centro del país (Guzmán 1997). Montoya y colaboradores (2004) y Rodríguez-Palma y

colaboradores (2005) mencionaron a *R. lycoperdon* (figura 3a), *L. epidendrum* (figura 3b) y *Fuligo septica* (conocida como hongo de palo; figura 3c) como especies consumidas por pobladores de Tlaxcala. En general, también son denominadas huevito, término usado para diferentes esporóforos de forma globosa (Guzmán 1997). Además, se ha reportado que las esporas de *Fuligo septica* pueden desencadenar alergias en algunas personas (Rockwell *et al.* 1989).

Situación y estado de conservación

Los efectos de disturbio en comunidades de macroorganismos como plantas y animales se encuentran bien documentados, contrario a lo que ocurre con microorganismos y grupos como los mixomicetes, a pesar de su importancia en los procesos biogeoquímicos a través de la descomposición y otros mecanismos que impactan en el ecosistema. Debido a la acción antropogénica, la especie relicto *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* se encuentra catalogada como en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010); por lo tanto, la biodiversidad asociada a este tipo de vegetación ostenta una alta vulnerabilidad.

Amenazas y acciones para su conservación

Temperatura, humedad, pH y disponibilidad de materia vegetal en descomposición son los principales factores que determinan la presencia de mixomicetes en un ecosistema (Rollins y Stephenson 2011). Si estos factores se ven alterados por eventos naturales o antropogénicos (como la tala de los bosques), la diversidad de mixomicetes se verá mermada.

En México no se cuenta con una norma que regule la conservación de los mixomicetes, y ninguna especie está enlistada en alguna categoría de riesgo

en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Es importante desarrollar mayor conocimiento sobre los mixomicetes, ya que es un grupo con valor ecológico y económico; en estudios recientes como los que recopila el proyecto *The Global Biodiversity Information Facility*, se encuentra información sobre todos los tipos de vida en la tierra, incluyendo los mixomicetes, misma que está a disposición de cualquier usuario (Lado y Eliasson 2017). Finalmente, es importante destacar que las acciones de conservación para los bosques de *Fagus* repercutirán positivamente en la conservación de todos los grupos biológicos ahí presentes, incluida la mixobiota.

Referencias

- Buxton, P.A. 1954. British Diptera associated with fungi. 2. Diptera bred from myxomycetes. *Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A)* 29:163-171.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO/Instituto de Biología-UNAM/Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- De Aquino-Guerrero, A. 2016. *Determinación y caracterización morfológica de los hongos ectomicorrizógenos y su efecto sobre diferentes etapas de desarrollo del haya *Fagus grandifolia* var. *mexicana* en el ejido la Mojonera, Hidalgo*. Tesis de maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, México.
- Guzmán, G. 1997. *Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Introducción a la etnomicobiota y micología aplicada de la región. Sinonimia vulgar y científica*. CONABIO/Instituto de Ecología A.C., México.
- Heredia, G. 1989. Estudio de los hongos de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas. Consideraciones sobre la distribución y ecología de algunas especies. *Acta Botanica Mexicana* 7:1-18.
- Keller, H.W. y S.E. Everhart. 2010. Importance of Myxomycetes in biological research and teaching. *Papers in Plant Pathology* 3(1):13-27.
- Keller, H.W., S.E. Everhart y C.M. Kilgore. 2017. The Myxomycetes: introduction, basic biology, life cycles, genetics, and reproduction. En: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. S.L. Stephenson y C. Rojas (eds.). Elsevier, Reino Unido, pp. 1-40.
- Lado, C. 2001. Nomenmyx: a nomenclatural taxabase of Myxomycetes. *Cuadernos de Flora Micológica Ibérica* 16:1-221.
- Lado, C. y U. Eliasson. 2017. Taxonomy and systematics: current knowledge and approaches on the taxonomic treatment of Myxomycetes. En: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. S.L. Stephenson y C. Rojas (eds.). Elsevier, Reino Unido, pp. 205-251.
- Malda, G.B. 1990. Plantas vasculares raras, amenazadas y en peligro de extinción en Tamaulipas. *Biotam* 2(2):55-61.
- Martin, G.W. y C.J. Alexopoulos. 1969. *The Myxomycetes*. University of Iowa Press, Estados Unidos.
- Miranda, F. y A.J. Sharp. 1950. Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern Mexico. *Ecology* 31(3):313-333.
- Montoya, A., A. Kong, A. Estrada-Torres *et al.* 2004. Useful wild fungi of La Malinche National Park, Mexico. *Fungal Diversity* 17:115-143.
- Moreno, G., M. Lizárraga y C. Illana. 2007. Catálogo de los Myxomycetes de México. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid* 31:187-229.
- Novozhilov, Y.K., A.W. Rollins y M. Schnittler. 2017. Ecology and distribution of Myxomycetes. En: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. S.L. Stephenson y C. Rojas (eds.). Elsevier, Reino Unido, pp. 253-297.
- Pérez, P.M. 1994. *Revisión sobre el conocimiento dendrológico, silvícola y un censo de las poblaciones actuales del género *Fagus* en México*. Tesis de maestría en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Rockwell, W.J., R.P. Collins y J. Santilli. 1989. *Fuligo* a myxomycete, an allergen. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 83(1):266.
- Rodríguez-Palma, M., A. Estrada-Torres y L.V. Hernández-Cuevas. 2005. Myxomycetes (Protistas). En: *Biodiversidad del Parque Nacional la Malinche, Tlaxcala, México*. J.A. Fernández-

- Fernández y J.C. López-Domínguez (comps.). Gobierno del Estado de Tlaxcala, México, pp. 25-46.
- Rodríguez-Palma, M., A. Estrada-Torres, L. Hernández-Cuevas *et al.* 2009. Mixomicetes del estado de Hidalgo. En: *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. Vol. I. S. Monks, G. Pulido-Flores y M. López-Herrera (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 85-97.
- Rodríguez-Salazar, A.A. 2016. *Hongos asociados al bosque relicto de Fagus grandifolia var. mexicana (Martínez) A.E. Murray en el municipio de Zacualtipán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, México.
- Rollins, A.W. y S.L. Stephenson. 2011. Global distribution and ecology of myxomycetes. *Current Topics in Plant Biology* 12:1-14.
- Rzedowsky, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Schnittler, M., N.H.A. Dagamac y Y.K. Novozhilov. 2017. Biogeographical patterns in Myxomycetes. En: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. S.L. Stephenson y C. Rojas (eds.). Elsevier, Reino Unido, pp. 299-331.
- Téllez-Valdés, O., P. Dávila-Aranda y R. Lira-Saade. 2006. The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the cloud forest in Eastern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15(4):1095-1107.
- Vázquez-García, J.A. 1995. Cloud forest archipelagos: preservation of fragmented montane ecosystems in tropical America. En: *Tropical montane cloud forest*. Ecological studies 110. L.S. Hamiton, J.O. Juvik y F.N. Scatena (eds.). Springer Verlag, Nueva York, pp. 315-332.
- Wang, Q., Y. Li y P. Liu. 2017. Physiology and biochemistry of myxomycetes. En: *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography, and Ecology*. S.L. Stephenson y C. Rojas (eds.). Elsevier, Reino Unido, pp. 175-204.
- Wheeler, Q. 1984. Evolution of slime mold feeding in Leiodid beetles. En: *Fungus-insect relationships: perspective in ecology and evolution*. Q. Wheeler y M. Blackwell (eds.). Columbia University Press, Nueva York, pp. 446-477.



Diversidad florística

José Luis Villaseñor Ríos, Arturo Sánchez González, Jaime Matías Arriaga Sanjuan y Enrique Ortiz Bermúdez

Introducción

En Hidalgo se han realizado numerosos estudios florísticos con diferentes enfoques y escalas (local, municipal, estatal o regional). Es posible distinguir dos tipos principales: 1) los que incluyen información sobre la composición de la flora (vascular o no vascular); y 2) los que analizan la composición y distribución de algún grupo en particular de plantas (p.e. bromelias, cícadas, encinos, helechos o musgos). Dentro del primer grupo de estudios, Villavicencio y colaboradores (1998) y Villaseñor (2016) han realizado recuentos de la flora vascular a nivel estatal, registrando la presencia de 2 674 y 4 734 especies de plantas vasculares, respectivamente. En el segundo grupo destacan los estudios de Ceja-Romero y colaboradores (2010), con epifitas vasculares, Delgadillo y colaboradores (2014) con plantas no vasculares (musgos), Sánchez-González y colaboradores (2017b) con plantas vasculares sin semilla (helechos y licopodios), Hornung (2017) con bromeliáceas, y Valencia y colaboradores (2017) con encinos.

En el cuadro 1 se muestran los inventarios florísticos más representativos (por el número de especies) que se han llevado a cabo en Hidalgo a nivel local, municipal o regional. La superficie que abarcan varía, desde unas cuantas decenas de kilómetros cuadrados (p.e. 10 km² de la barranca de Tolantongo)

hasta varios miles (p.e. 2 700 km² del Valle del Mezquital). La superficie estudiada en estos inventarios abarca alrededor de 4 952 km², lo que representa 23.8% del territorio estatal (cuadro 1).

Las investigaciones antes mencionadas representan sólo una pequeña fracción de las que han aportado información sobre la riqueza florística de la entidad. Destacan también los inventarios florísticos realizados en estados o regiones vecinas, como el Valle de México (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001), donde se incluyó parte del extremo sur del estado; o los fascículos de *Flora de Veracruz*, estado que comparte gran parte de su riqueza florística con Hidalgo, en la porción correspondiente a la Faja Volcánica Transmexicana¹ y la Sierra Madre Oriental.

¿Cuántas especies de plantas hay en Hidalgo?

Los inventarios florísticos de la mayoría de las entidades del país incluyen solamente información de sus plantas vasculares (angiospermas, gimnospermas y helechos). Sin embargo, en Hidalgo existen datos sobre la riqueza taxonómica y la distribución de las plantas no vasculares (Delgadillo *et al.* 2014, Sánchez-González *et al.* 2017a), lo cual permite hacer una estimación más completa sobre su riqueza vegetal. Considerando las plantas vasculares y las

1 También denominada Eje Volcánico Transversal.

Villaseñor, J.L. A, Sánchez-González, J.M. Arriaga y E. Ortiz. 2021. Diversidad florística. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 203-214.

Cuadro 1. Inventarios florísticos más representativos llevados a cabo en Hidalgo.

Localidad	Familias	Géneros	Especies	Referencias
Municipio de Tecozautla	77	228	334	Rojas <i>et al.</i> 2013
Municipio de Tenango de Doria	121	290	423	Alcántara y Luna 1997
Municipio de Tlanchinol	112	262	397	Luna <i>et al.</i> 1994, Álvarez-Zúñiga <i>et al.</i> 2012
Barranca de Tolantongo	84	225	295	Hiriart y González-Medrano 1983
Eloxochitlán y Tlahuelompa	114	258	369	Alcántara y Luna 2001, Pérez-Paredes <i>et al.</i> 2012
Molocotlán, Molango-Xochicoatlán	120	257	342	Mayorga <i>et al.</i> 1998
Monte Grande, Lolotla	113	249	344	Ponce-Vargas <i>et al.</i> 2006
Sierra de Pachuca	101	396	875	Barrios-Rodríguez y Medina-Cota 1996, Barrios-Rodríguez y Ramos-Rivera 2017
Sierra de Tezontlalpan	77	231	367	Equihua 1983
Sierra de Zacualtipán	65	126	164	Martínez 1995
Sierra de los Pitos, Tezontepec y Zempoala	69	242	421	Benítez-Badillo 1984
Valle del Mezquital	97	292	483	González 1968, López 1996, Pérez-Atilano <i>et al.</i> 2015
Parque Nacional El Chico	73	264	545	Hernández 1995, CONANP 2005, Serrano 2010
Parque Nacional Los Mármoles		326	518	CONANP 2007, Ramírez-Cruz <i>et al.</i> 2009
Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán	83	270	445	CONANP 2003, Cuevas-Hernández <i>et al.</i> 2013
Huasteca y Zona Otomí Tepehua	96	222	274	Villavicencio y Pérez-Escandón 2005

Fuente: elaboración propia

briofitas (antoceros, hepáticas y musgos), la riqueza florística de Hidalgo registra actualmente unas 5 285 especies (cuadro 2).

Con base en la síntesis de seis estudios recientes a escala estatal (cuadro 2): el inventario general de la riqueza de plantas vasculares (Villaseñor 2016), complementado con los trabajos sobre helechos y licopodios (Sánchez-González *et al.* 2017b), bromeliáceas (Hornung 2017), encinos (Valencia *et al.* 2017) y musgos y otras criptógamas (Delgadillo *et al.* 2014, Sánchez-González *et al.* 2017a),² la riqueza de plantas vasculares en Hidalgo incluye 4 783 especies, 1 337 géneros y 226 familias. Las plantas con flor (angiospermas) son el grupo más diverso, al contener

91.4% del total de las especies vasculares; le siguen en importancia los helechos y licopodios con 7.7% y las gimnospermas con 0.9%. Dichas cifras representan en conjunto 20.5% de las especies, 46.8% de los géneros y 76.1% de las familias reportadas en la flora vascular de México (Villaseñor 2016). Lo anterior adquiere mayor relevancia si se considera que la entidad ocupa solamente 1.1% de la superficie del territorio nacional.

Un total de 13 familias concentran la mayor riqueza de especies, representando 45.5% de la flora vascular a nivel estatal (cuadro 3). Destacan por contener más de 100 especies: Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Cactaceae, Orchidaceae, Solanaceae,

² Como no se realizaron cambios de nomenclatura en la información revisada, las listas de especies se pueden consultar en los trabajos originales, basadas en propuestas de clasificación recientes para licopodios y helechos (PPG I 2016), gimnospermas (Christenhusz *et al.* 2011) y angiospermas (APG III 2009).

Cuadro 2. Riqueza florística estatal por grandes grupos taxonómicos.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Plantas no vasculares con esporas			
Antoceros (Anthocerotophyta)	3	3	4
Hepáticas (Marchantiophyta)	22	40	74
Musgos (Bryophyta)	60	196	424
Plantas vasculares con esporas			
Licopodios (Lycopodiopsida)	2	5	39
Helechos (Polypodiopsida)	30	88	330
Plantas vasculares con semilla			
Gimnospermas	6	12	43
Angiospermas	188	1 233	4 371
Total	311	1 577	5 285

Fuente: elaboración propia.

Euphorbiaceae, Lamiaceae, Malvaceae y Cyperaceae. Estas familias son también las más representativas en la flora fanerogámica a nivel nacional (Rzedowski 1991, Villaseñor 2003, 2016).

A nivel de género (cuadro 4), por el número de especies que se distribuyen en Hidalgo destacan: hierba sagrada (*Salvia*), papa, tomate (*Solanum*), heno (*Tillandsia*), golondrina (*Euphorbia*), pasto (*Muhlenbergia*), encinos (*Quercus*, figura 1), campanilla (*Ipomoea*), biznaga, cactus (*Mammillaria*), maguey (*Ageratina*, *Agave*), estevia (*Carex*, *Stevia*), pimentillo (*Cyperus*) y doradilla (*Selaginella*). Algunos géneros (p.e. *Carex*, *Cyperus*, *Opuntia*, *Selaginella*, *Solanum* y *Stevia*) destacan por su alta representación en la entidad, a pesar de que no ocupan los primeros lugares en número de especies a nivel nacional (Rzedowski 1991, Villaseñor 2016).

Riqueza y distribución de las especies a nivel estatal

La figura 2 muestra el esfuerzo de recolecta llevado a cabo para documentar la flora vascular del estado. A pesar del esfuerzo realizado a la fecha para documentar su riqueza florística a escala más fina (cuadro 1), en Hidalgo todavía existen regiones que carecen de información sobre su composición vegetal, por lo que es probable que el número de

Cuadro 3. Familias de plantas vasculares con mayor riqueza de géneros y especies en el estado.

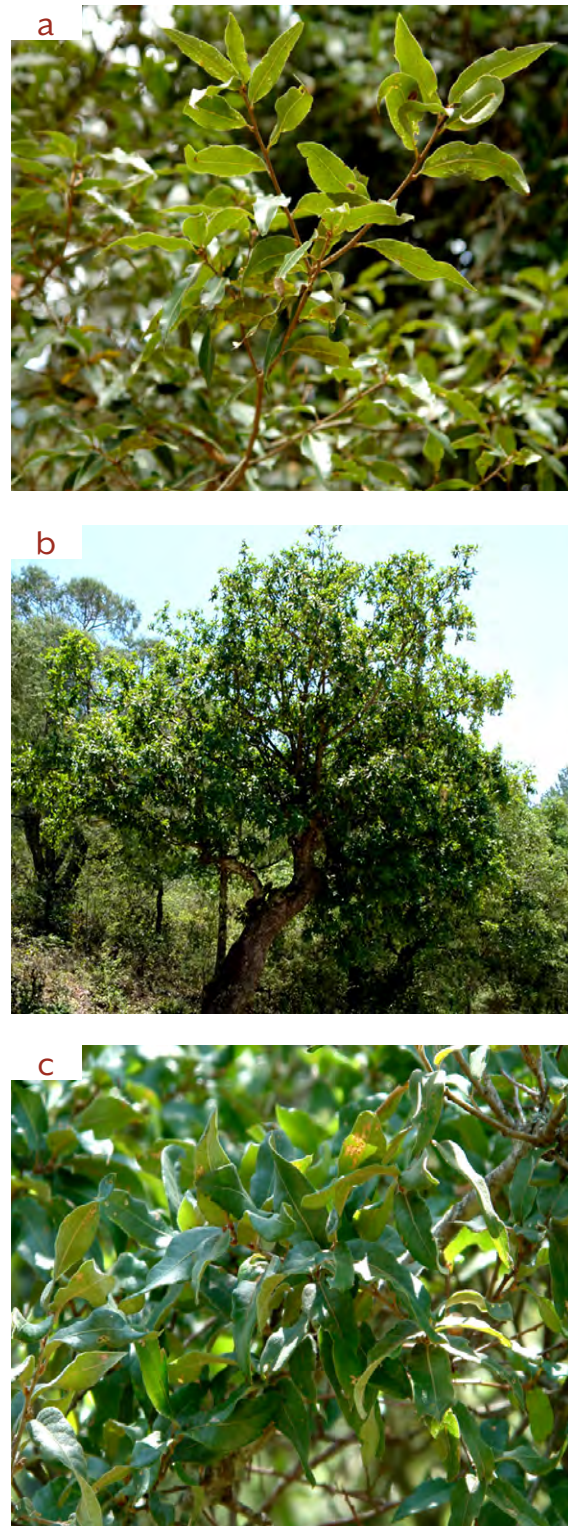
Familias	Géneros	Especies
Asteraceae	159 (11.9)	628 (13.1)
Fabaceae	78 (5.8)	348 (7.3)
Poaceae	85 (6.3)	287 (6.0)
Cactaceae	30 (2.2)	151 (3.2)
Orchidaceae	64 (4.8)	151 (3.2)
Solanaceae	19 (1.4)	134 (2.8)
Euphorbiaceae	17 (1.3)	117 (2.4)
Lamiaceae	20 (1.5)	111 (2.3)
Malvaceae	45 (3.4)	106 (2.2)
Cyperaceae	16 (1.2)	100 (2.1)
Rubiaceae	33 (2.4)	92 (1.9)
Pteridaceae	21 (1.6)	90 (1.8)
Apocynaceae	23 (1.7)	82 (1.7)
Otras	728 (54.5)	2386 (49.9)

Los porcentajes (entre paréntesis) están en relación con el total de géneros (1 337) y especies (4 783) de plantas vasculares de Hidalgo. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4. Géneros de plantas vasculares con mayor riqueza de especies en la entidad.

Género	Especies
<i>Salvia</i>	56
<i>Solanum</i>	54
<i>Tillandsia</i>	49
<i>Euphorbia</i>	48
<i>Muhlenbergia</i>	45
<i>Quercus</i>	44
<i>Ipomoea</i>	43
<i>Mammillaria</i>	42
<i>Ageratina</i>	38
<i>Agave</i>	32
<i>Carex</i>	32
<i>Stevia</i>	31
<i>Cyperus</i>	31
<i>Selaginella</i>	31
<i>Opuntia</i>	29
<i>Dalea</i>	28
<i>Desmodium</i>	28
<i>Sedum</i>	26
<i>Physalis</i>	26
<i>Echeveria</i>	24
<i>Peperomia</i>	24
<i>Senna</i>	23
<i>Verbesina</i>	22
<i>Asplenium</i>	22
<i>Paspalum</i>	21
<i>Asclepias</i>	19
<i>Elaphoglossum</i>	19
<i>Thelypteris</i>	19
<i>Begonia</i>	18
<i>Pleopeltis</i>	18

Fuente: elaboración propia.

**Figura 1.** Diferentes encinos con presencia en la entidad: a) encino asta (*Quercus affinis*); b) roble blanco (*Q. laeta*); c) encino amarillo (*Q. mexicana*). Fotos: Arturo Sánchez González.

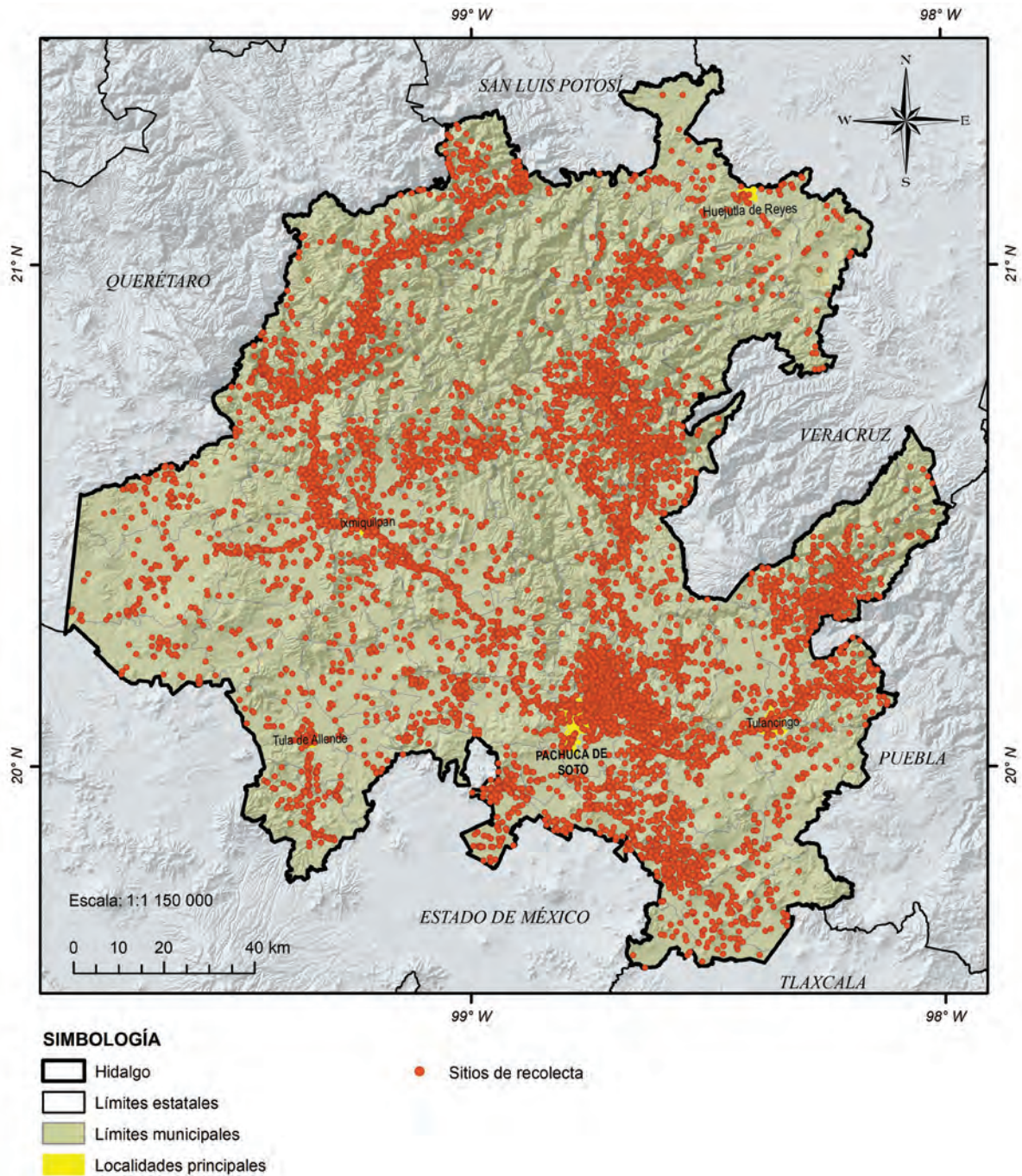


Figura 2. Localización de los 18 884 sitios de recolecta de la flora vascular de Hidalgo. Fuente: elaboración propia con información del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y el repositorio digital del Herbario Nacional de México (MEXU-UNIBIO) del Instituto de Biología-UNAM.



Figura 3. Bosque mesófilo de montaña con ejemplares de haya (*Fagus grandifolia*), especie que se distribuye en este tipo de vegetación. Foto: Arturo Sánchez González

especies dentro del estado sea más elevado. Por esta razón se debe continuar con la exploración en campo y con estudios a nivel local.

La parte centro y sur, que corresponden al Valle de México, Valle del Mezquital y sierra de Pachuca, son las porciones mejor conocidas desde el punto de vista florístico (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001, Barrios-Rodríguez y Ramos-Rivera 2017). Es importante subrayar que algunas áreas naturales protegidas en el estado cuentan con inventarios de su riqueza florística: Parque Nacional El Chico (Hernández 1995, CONANP 2005, Serrano 2010), Parque Nacional Los Mármoles (CONANP 2007, Ramírez Cruz *et al.* 2009) y Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (CONANP 2003, Cuevas-Hernández *et al.* 2013). A nivel regional, los bosques húmedos de montaña (también denominados bosques mesófilos de montaña, figura 3) han sido ampliamente estudiados por Luna y colaboradores (Luna *et al.* 1994, Alcántara y Luna 1997, 2001, Mayorga *et al.* 1998, Ponce-Vargas *et al.* 2006), ecosistemas localizados

dentro del corredor Biológico de la Sierra Madre Oriental (Luna y Alcántara 2004).

De las 4 783 especies de plantas vasculares registradas en el estado (cuadro 2), 1 755 son endémicas de México (36.7% del total estatal), entre ellas, 10 especies cuya distribución conocida hasta ahora se restringe a Hidalgo (apéndice 8): *Agave yuccifolia*, *Dahlia congestiflora*, *D. hjertingii*, *Furcraea flavo-viridis*, *Nahuatlea hiriartiana*, *Opuntia delaquentiana*, *O. leiascheinvariana*, *O. tezontepecana*, *Tillandsia alfredo-lauii* y *Turbinicarpus heliae*. Asimismo, existen otras 221 especies endémicas de México, las cuales se conocen solamente para Hidalgo y sus estados vecinos (apéndice 8).

Distribución de la riqueza florística en los principales biomas del estado

Villaseñor y Ortiz (2014), agruparon los tipos de vegetación en unidades más inclusivas llamadas biomas, definidas con base en sus atributos climáticos, morfo-tectónicos y de diversidad biológica. En Hidalgo están presentes los cinco principales biomas reconocidos (figura 4, cuadro 5), destacando por su riqueza los bosques templados (3 896 especies) y los bosques húmedos de montaña (3 337).

Cuando se consideran las especies exclusivas, es decir, aquellas conocidas únicamente de uno o dos biomas, los bosques templados siguen ocupando el lugar preponderante en riqueza (1 221), seguidos de los matorrales xerófilos (949, figuras 5 y 6). La riqueza florística de los bosques tropicales (incluyendo sus especies exclusivas), tanto los húmedos como los estacionalmente secos, no es tan relevante, probablemente por la reducida superficie que ocupan (figuras 4 y 7). Sin embargo, es significativo el número de especies exclusivas registradas en el estado, y merecerían atención especial para evaluar su nivel de conservación.

En lo que respecta a los valores de riqueza de especies endémicas de México, y endémicas exclusivas, registradas en los biomas dentro del territorio hidalguense (cuadro 5), se observan las mismas tendencias con respecto a la riqueza de especies total, excepto que, en los endemismos, los matorrales xerófilos ocupan el segundo lugar por arriba de los bosques húmedos de montaña. Si bien la riqueza exclusiva observada en los diferentes biomas

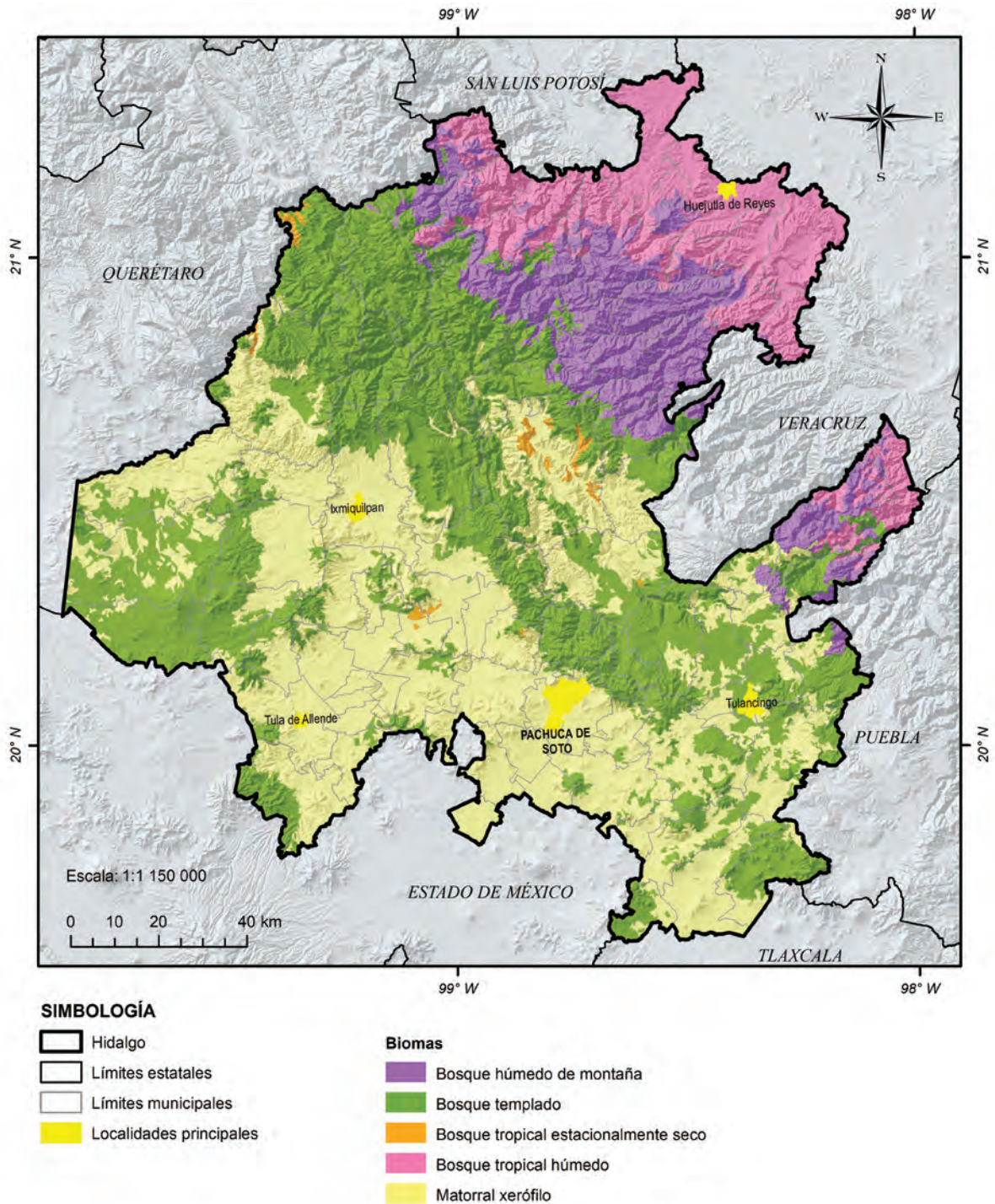


Figura 4. Biomas presentes en Hidalgo (clasificación de acuerdo con Villaseñor y Ortiz 2014). Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Especies de plantas vasculares de la flora de Hidalgo registradas en los cinco principales biomas de México.

Bioma	Especies	Endémicas de México	Exclusivas ¹	Endémicas exclusivas
BHM	3 337	937	880	393
BTEM	3 896	1 325	1 221	659
BTES	2 499	605	297	130
BTH	1 796	209	266	46
MXE	3 039	1 074	949	532

¹ Las especies exclusivas son aquellas que limitan su distribución a uno o dos biomas. BHM: Bosque húmedo de montaña; BTEM: bosque templado; BTES: bosque tropical estacionalmente seco; BTH: bosque tropical húmedo; MXE: matorral xerófilo. Fuente: elaboración propia; clasificación de acuerdo con Villaseñor y Ortiz 2014.



Figura 5. Matorral micrófilo en el Valle del Mezquital. Foto: Arturo Sánchez González.



Figura 6. Matorral xerófilo en Zimapán. Foto: Arturo Sánchez González.

merece atención, es urgente aumentar el conocimiento sobre el endemismo regional, pues 180 de las 231 especies que forman parte de este componente endémico (apéndice 8) están a la vez restringidas a uno o dos biomas. Considerando la distribución geográfica restringida y la especificidad del hábitat (conocidas de uno o dos biomas), tales especies deberían ser mejor estudiadas para evaluar su estado de amenaza y eventualmente incluirlas bajo algún estado de protección dentro de los instrumentos nacionales e internacionales generados para este fin.

Especies en riesgo

La flora de Hidalgo incluye solamente 112 especies de plantas (equivalentes a 2.3% del total estatal) que están consideradas en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), de las cuales 93 son angiospermas, 11 gimnospermas y ocho helechos. Tales cifras deben considerarse conservadoras por la carencia de estudios sobre la distribución y el estado actual de las poblaciones

de las distintas especies de plantas. Muchas de las especies consideradas en la presente contribución (apéndice 8) deberán, en un futuro, ser incluidas en dicha norma, debido a la restringida distribución de sus poblaciones.

Conclusiones

El alto grado de perturbación provocado por las actividades humanas en todos los tipos de vegetación de Hidalgo (Ceja-Romero *et al.* 2010, Sánchez-González *et al.* 2017b), está afectando su flora, particularmente a las poblaciones pequeñas y de distribución restringida (apéndice 8). El ritmo alarmante de deterioro y disminución de la cubierta vegetal en el estado sustenta la necesidad de conocer mejor la riqueza y distribución de las especies de plantas. Los seres vivos, entre ellos las plantas, representan los principales bienes y servicios que utiliza la sociedad (Dirzo y Raven 1994).

El conocimiento de la riqueza y distribución de las especies de un área determinada son dos aspectos a considerar en los programas de manejo



Figura 7. Bosque tropical caducifolio en Metztitlán. Foto: Arturo Sánchez González.

y conservación de los recursos naturales (Villaseñor 2003). La conformación de un inventario confiable de especies de plantas (vasculares y no vasculares), y sus patrones de distribución en la entidad, permitirá definir cuáles son las áreas más apropiadas para uso o conservación de la biodiversidad, y monitorear sus cambios a través del tiempo y el espacio. Los datos sobre la biodiversi-

dad vegetal podrían ser utilizados para definir cuál es el efecto del cambio de uso del suelo o del cambio climático, sobre la composición de la vegetación. Este tipo de información podría representar un punto de partida para elaborar programas adecuados de reforestación, restauración y reintroducción de especies nativas dentro de los planes de desarrollo estatal.

Referencias

- Alcántara, O. e I. Luna. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 68(2):57-106.
- Alcántara, O. e I. Luna. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54:51-87.
- Álvarez-Zúñiga, E., A. Sánchez-González, L. López-Mata *et al.* 2012. Composición y abundancia de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 90(2):163-177.
- APG III. The Angiosperm Phylogeny Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification or the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121.
- Barrios-Rodríguez, M.A. y M. Medina-Cota. 1996. *Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, estado de Hidalgo México*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, México.
- Barrios-Rodríguez, M.A. y P. Ramos-Rivera. 2017. *Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México*. En: <<https://doi.org/10.15468/cfysom>>, última consulta: febrero de 2018.

- Benitez-Badillo, G. 1984. *Estudio florístico de la Sierra de los Pitos en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (eds.). 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Segunda Edición. Instituto de Ecología A.C./CONABIO, México.
- Ceja-Romero, J., A. Mendoza-Ruiz, A.R. López-Ferrari et al. 2010. Las epifitas vasculares del estado de Hidalgo, México: diversidad y distribución. *Acta Botanica Mexicana* 93:1-39.
- Christenhusz, M.J.M., J.L. Reveal, A. Farjon et al. 2011. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* 19:55-70.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. SEMARNAT, México.
- . 2005. *Programa de Conservación y manejo Parque Nacional El Chico*. SEMARNAT, México.
- . 2007. *Estudio previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende re-categorizar el Parque Nacional Los Mármoles como Área de Protección de Flora y Fauna*. SEMARNAT, México.
- Cuevas-Hernández, A.L., A. Sánchez-González y J.D. Tejero-Díez. 2013. Pteridophytes of a semiarid natural protected area in central Mexico. *Natural Areas Journal* 33(2):177-188.
- Delgadillo, M.C., J.L. Villaseñor, A. Cárdenas et al. 2014. Diversidad y distribución de musgos en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:84-97.
- Dirzo, R. y P.H. Raven. 1994. Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55:29-34.
- Equihua, Z.M.E. 1983. *Estudio florístico de la vertiente oriental de la sierra de Tezontlalpan en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- González, Q.L. 1968. *Flora polínica y tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Hernández, R.M.R. 1995. *Estudio florístico-fanerogámico del Parque Nacional El Chico, estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. FES Iztacala-UNAM, México.
- Hiriart, V.P. y F. González-Medrano. 1983. Vegetación y fitogeografía de la Barranca de Tolantongo, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 54:29-96.
- Hornung, L.C. 2017. Avances en el conocimiento de las bromeliáceas de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 131-142.
- López, B.V.H. 1996. *Estudio sinecológico de los bosques piñoneros del Valle del Mezquital, Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. FES Iztacala-UNAM, México.
- Luna, I. y O. Alcántara. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. En: *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). CONABIO/UNAM, México, pp. 169-192.
- Luna, V.I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 65:31-62.
- Martínez, J.G. 1995. *Estructura de una comunidad de Quercus en la Sierra de Zacualtipán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- Mayorga, R., I. Luna y O. Alcántara. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango-Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63:101-119.
- Pérez-Atilano, Y., A. Sánchez-González y J.D. Tejero-Díez. 2015. Species richness, distribution and morphological variation of monilophytes and lycophytes in a semi-arid region of Mexico. *American Fern Journal* 105(3):238-256.
- Pérez-Paredes, M.G., A. Sánchez-González y J.D. Tejero-Díez. 2012. Listado de licopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica* 33:57-73.
- Ponce-Vargas, A., I. Luna, O. Alcántara et al. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:177-190.
- PPG I. The Pteridophyte Phylogeny Group. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematic and Evolution* 54(6):563-603.
- Ramírez-Cruz, S., A. Sánchez-González y D. Tejero-Díez. 2009. La pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 84:35-44.
- Rojas, S., C. Castillejos-Cruz y E. Solano. 2013. Florística y relaciones fitogeográficas del matorral xerófilo en el Valle de Tecozautla, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 91(3):273-294.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14:3-21.
- Sánchez-González A., C. Mejía-Lara, V. Pérez-Ramírez et al. 2017a. Riqueza de Anthocerotophyta, Bryophyta y Marchantiophyta del estado de Hidalgo, México. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 43-64.

- Sánchez-González, A., Y. Pérez-Atilano, A.G. Hernández-Álvarez *et al.* 2017b. Los helechos y lycopodios del estado de Hidalgo, México. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo I. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 65-97.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Serrano, M.H. 2010. *Helechos y lycopodios del Parque Nacional El Chico, estado de Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Valencia, S., G. Flores-Franco, J. Jiménez-Ramírez *et al.* 2017. Distribution and diversity of Fagaceae in Hidalgo, Mexico. *Botanical Sciences* 95(4):660-721.
- Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28:160-167.
- _____. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.
- Villaseñor, J.L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S134-S142.
- Villavicencio, M.A. y B.E Pérez-Escandón. 2005. *Guía de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomi-Tepehua de Hidalgo I*. Centro de Investigaciones Biológicas-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Villavicencio, M.A., B.E Pérez-Escandón y A. Ramírez. 1998. *Lista Florística del estado de Hidalgo. Recopilación bibliográfica*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Conocimiento y conservación de plantas endémicas de la zona semiárida hidalguense

Claudia Teresa Hornung Leoni, Manuel González Ledesma y Yesenia Jazmin Chavarria Olmedo

Introducción

Las especies de flora cuya distribución está restringida a ciertas regiones del país se conocen como endémicas (Noguera-Urbano 2017). En México, la mayor cantidad de endemismos vegetales se encuentran en las regiones de climas secos, semisecos y templado-semihúmedos (Rzedowski 1991).

La zona semiárida hidalguense (ZSH, figura 1), que abarca parte de los estados de Hidalgo, México y Querétaro, debe su aridez a su posición a sotavento de la Sierra Madre Oriental (González-Medrano 2012, Abd El-Ghani *et al.* 2017). La sierra es una barrera

que impide el paso de los vientos húmedos provenientes del oriente y nororiente. En Hidalgo, la ZSH forma parte de dos provincias fisiográficas: la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana (INEGI 1992, 2017). La primera es una sierra plegada de laderas abruptas, con una orientación general de noroeste a sureste, seccionada por cañones formados por los ríos Venados, Amajac y Moctezuma, donde predominan las rocas sedimentarias, calizas y calizas con lutitas del Cretácico. Por su parte, el paisaje de la Faja Volcánica Transmexicana presenta sierras, lomeríos, llanuras y diferentes estructuras volcánicas, en los que predominan las rocas de origen ígneo del Terciario y Cuaternario, con afloramientos de calizas en forma de islas (INEGI 1992).

Esta diversidad fisiográfica (figura 2), aunada a corrientes de agua permanentes o intermitentes, diferentes sustratos geológicos y tipos de suelos, generan una gran cantidad de ambientes, y en consecuencia, de comunidades vegetales (López Chávez 2003, González-Medrano 2012). Se presentan mezquites, matorrales desérticos micrófilos, matorrales rosetófilos, crasicaules y submontanos; vegetación de acantilados, bosques de galería (vegetación riparia), bosques abiertos, matorrales con coníferas o palmas dispersas, pastizales y áreas reducidas de selva baja caducifolia.

Plantas endémicas de la zona semiárida hidalguense

El presente análisis forma parte de un proyecto en proceso que pretende dilucidar algunos patrones de morfología, fenología (periodos de floración y fructificación) y distribución de endemismos. Se limita a 31 especies endémicas de distribución exclusiva en la ZSH o con su mayor extensión dentro de Hidalgo (cuadro 1).

A nivel de familia destacan las crasuláceas y cactáceas con seis y cinco especies, respectivamente. Los géneros mejor representados son *Echeveria*, *Mammillaria* y *Pachyphytum*, con tres especies cada uno (cuadro 1). Hernández y Gómez-Hinostrosa (2015), indicaron que la subregión meridional de su estudio –que incluye partes de Guanajuato, Querétaro

Hornung-Leoni, C.T., M. González-Ledesma y Y.J. Chavarria-Olmedo. 2021. Conocimiento y conservación de plantas endémicas de la zona semiárida hidalguense. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 216-222.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

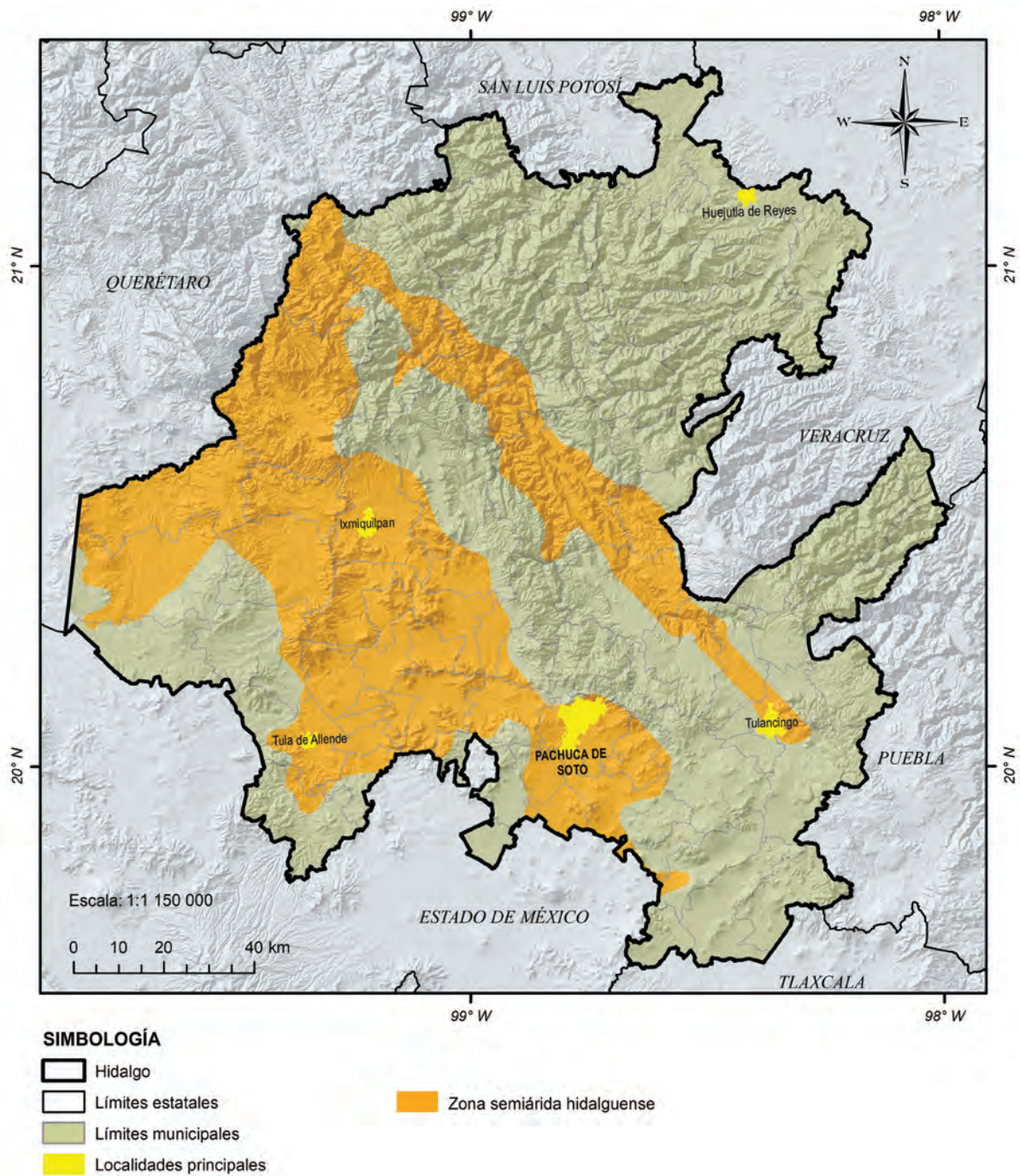


Figura 1. Zona semiárida hidalguense. Fuente: elaboración propia con información de CONABIO 1998.



Figura 2. Diversidad fisiográfica de Hidalgo: a) barranca de Tolimán; b) Peña del Aire con un ejemplar de *Dasylirion glaucophyllum*; c) Tolantongo; d) río Moctezuma. Fotos: C.T. Hornung-Leoni.

e Hidalgo (este último en los municipios Tecozautla, Zimapán, Mezquititlán, Ixmiquilpan y Atotonilco el Grande)– es la zona con mayor riqueza especies de *Mammillaria* a nivel global. Un género, *Nahuatlea*, es exclusivo del estado y tiene una sola especie: *N. hiriartiana* (figura 3).

En relación a las formas biológicas, destacan las suculentas con 13 especies. La suculencia (tejidos

especializados en el almacenaje de agua) se presenta en las hojas (crasuláceas y bromeliáceas) o en los tallos (cactáceas). Seis especies son subarborescentes y arbustos, mientras que nueve son herbáceas. Son raras las formas biológicas epifitas (como la orquídea *Laelia gouldiana*), parásitas (como *Castilleja hidalgensis*) o arbóreas (como *Bursera medranoana* y *Fouquieria fasciculata*, aunque esta última puede

Cuadro 1. Especies endémicas de la zona semiárida hidalguense.

Familia	Especie	Forma biológica
Acanthaceae	<i>Holographis tolantongensis</i>	Subarbusto
Asteraceae	<i>Nahuatlea hiriartiana</i>	Herbácea
	<i>Porophyllum zimapanum</i>	Herbácea
	<i>Tridax moorei</i>	Subarbusto
Bromeliaceae	<i>Hechtia deceptrix</i>	Rosetófila suculenta
	<i>H. argentea</i>	Rosetófila suculenta
Burseraceae	<i>Bursera medranoana</i>	Arbórea
Cactaceae	<i>Mammillaria amajacensis</i>	Suculenta
	<i>M. glochidiata</i>	Suculenta
	<i>M. humboldtii</i>	Suculenta
	<i>Turbincarpus heliae</i>	Suculenta
	<i>T. horripilus</i>	Suculenta
Campanulaceae	<i>Lobelia porphyrea</i>	Herbácea
Caprifoliaceae	<i>Valeriana moorei</i>	Herbácea
Crassulaceae	<i>Echeveria minima</i>	Rosetófila suculenta
	<i>E. halbingeri</i>	Rosetófila suculenta
	<i>E. trianthina</i>	Rosetófila suculenta
	<i>Pachyphytum brachetii</i>	Suculenta
	<i>P. bracteosum</i>	Suculenta
	<i>P. longifolium</i>	Suculenta
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria fasciculata</i>	Arbórea/arbusto
Nolinaceae	<i>Dasyllirion glaucophyllum</i>	Rosetófila
Lamiaceae	<i>Lepechinia leucophylloides</i>	Subarbusto
	<i>Salvia hidalgensis</i>	Herbácea
	<i>Scutellaria molanguitensis</i>	Subarbusto
	<i>Stachys moorei</i>	Herbácea
Orobanchaceae	<i>Castilleja hidalgensis</i>	Herbácea
	<i>Lamourouxia zimapana</i>	Subarbusto
Orchidaceae	<i>Laelia gouldiana</i>	Herbácea
Poaceae	<i>Oatea victoriae</i>	Herbácea
Polygalaceae	<i>Polygala neurocarpa</i>	Subarbusto

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Ejemplos de crasuláceas y cactáceas endémicas de la zona semiárida hidalguense. a) *Turbinicarpus horripilus* (Cactaceae); b) inflorescencia de *Pachyphytum longifolium* (Crassulaceae); c) inflorescencia de *Nahuatlea hiriartiana* (Asteraceae); d) *Fouquieria fasciculata* (Fouquieriaceae). Fotos: Y.J. Chavarría-Olmedo (a), M. González-Ledesma (b, d), C.T. Hornung-Leoni (c).

ser también un arbusto). Las rosetófilas, de hojas suculentas o no, incluyen seis especies dentro de las que se encuentran los géneros *Dasylirion*, *Echeveria* y *Hechtia* (figuras 2 y 3, cuadro 1).

Existen dos periodos de floración contrastantes: el primero, de enero a abril (temporada de secas), en la que florecen la mayoría de las suculentas como crasuláceas (*Pachyophytum longifolium*) y cactáceas (*Turbinicarpus horripilus* y *T. heliae*); y el segundo, de julio a diciembre, en el que las demás formas biológicas inician floración, como *Castilleja hidalguensis* (Orobanchaceae) y otras suculentas como *Pachyphytum obtusum*. Sin embargo, especies como *N. hiriartiana* pueden tener dos periodos de floración al año o tener periodos inciertos, pues

aunque su floración se había registrado para septiembre y febrero, se ha encontrado en floración en abril; mientras que *P. longifolium*, cuya floración se había reportado para marzo y abril, también se ha encontrado en esa condición en octubre (obs. pers.).

Es de notar que al menos nueve especies se encuentran preferentemente en acantilados, como *Pachyphytum longifolium*, *Echeveria minima*, *Hechtia argentea* y *Lobelia porphyrea*. Algunas especies pueden estar claramente asociadas a distintos sustratos, en una u otra provincia fisiográfica; por ejemplo, *Pachyphytum brachetii* se asocia a cantiles de origen ígneo en Actopan, y *P. longifolium* a cantiles calizos en Metztitlán. Sin embargo, la flora de este

tipo de paisajes ha sido poco estudiada, pues la barranca de Tolantongo (figura 2c) es la única área en Hidalgo con un inventario florístico formal (Hiriart y González-Medrano 1983), y ha sido reconocida por su riqueza de endemismos a nivel nacional (Sosa y De-Nova 2012); además, en ella se han realizado estudios puntuales para resolver problemas taxonómicos (Ramamoorthy *et al.* 1982, Hiriart 1984, González-Medrano *et al.* 2004).

Los factores de presión sobre la flora en la ZSH que corresponde a la Faja Volcánica Transmexicana son principalmente las actividades agrícolas, la minería (en particular la de cielo abierto), el pastoreo y la extracción de plantas con fines ornamentales y de cultivo; mientras que en la Sierra Madre Oriental sobresalen las actividades mineras y agrícolas localmente, el pastoreo y la extracción de plantas para su cultivo. Además, el desconocimiento de la flora en la región se hace evidente por el continuo descubrimiento de nuevas especies, especialmente de taxones con algún interés especial o muy notables (p.e. agaváceas, crasuláceas y cactáceas).

Conclusiones

La conservación de las especies de distribución restringida debe apoyarse en estudios sistemáticos realizados por especialistas competentes. Muchos listados han sido generados erróneamente a partir de bases de datos y literatura, y no han sido verificados o no cuentan con ejemplares de respaldo, lo cual puede crear más confusión y estrategias de

conservación poco fundamentadas. El hecho de que la barranca de Tolantongo sea la única área inventariada por botánicos refleja la falta de estudios florísticos y sistemáticos en el resto de la ZSH; por ejemplo, no existe un inventario florístico completo para la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, a pesar de que gran parte de los endemismos en Hidalgo están asociados a las barrancas de la ZSH. Cabe destacar que algunas áreas de explotación de calizas requieren atención inmediata, debido a la destrucción total de la flora y a su desconocimiento.

Contar con más estudios florísticos y sistemáticos permitirán ahondar en el conocimiento de los diferentes grupos y su historia de vida, con lo cual se podrán implementar medidas para conservar a las especies (*in situ* y *ex situ*) y las áreas donde habitan, así como establecer programas de manejo y uso. En particular, se podría incentivar la reproducción legal de especies en riesgo a través de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA).

Por otra parte, es importante llevar a cabo acciones de difusión y concientización sobre el ambiente, los servicios ecológicos y los recursos biológicos de regiones específicas en comunidades y escuelas. Asimismo, las estrategias para conservar especies y ecosistemas deben ser abordadas multilateralmente, incluyendo comunidades locales, instituciones educativas y entidades que hacen uso o explotación de recursos. De esta forma se podrían atender los efectos en el cambio de uso del suelo, extracción de la flora y los efectos de la minería.

Referencias

- Abd El-Ghani, M.M., F.M. Huerta-Martínez, L. Hongyan y R. Qureshi. 2017. The deserts of Mexico. En: *Plant responses to hyperarid desert environments*. M.M. Abd El-Ghani, F.M. Huerta-Martínez, L. Hongyan y R. Qureshi (eds.). Springer International Publishing, Suiza, pp. 473-498.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *Climas (clasificación de Köppen, modificado por García)*. Escala 1:1 000 000. CONABIO, México.
- González-Medrano, F. 2012. *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. SEMARNAT/INE, México.
- González-Medrano, F., J.L. Villaseñor y R. Medina. 2004. A new species of *Gochnatia* (Asteraceae: Mutisieae) from the Desert Scrubland of the State of Hidalgo, Mexico. *Nouon* 14(4):434-436.
- Hernández, H.M. y C. Gómez-Hinostrosa. 2015. *Mapping the cacti of Mexico. Part II. Mammillaria*. DH Books, Inglaterra.
- Hiriart, P. 1984. Una nueva especie de *Scutellaria* (Labiatae) de Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 46:43-46.
- Hiriart, P. y F. González Medrano. 1983. Vegetación y fitogeografía de la Barranca de Tolantongo, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Botánica* 54:29-96.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1992. *Síntesis geográfica del estado de Hidalgo*. INEGI, Aguascalientes.
- _____. 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017*. INEGI, Aguascalientes.

- López Chávez, L. 2003. Ecología. En: *Las Crasuláceas de México*. J. Meyrán García y L. López Chávez (eds.). Sociedad Mexicana de Cactología A.C., México, pp. 217-225.
- Noguera-Urbano, E.A. 2017. El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana* 33(1):89-107.
- Ramamoorthy, T.P., P. Hiriart-Valencia y F. González-Medrano. 1982. *Neoeplingia* Ramamoorthy, Hiriart & Medrano (Labiateae) un nuevo género de Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 43:61-65.
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15:47-64.
- Sosa, V. y J.A. De-Nova. 2012. Linajes de angiospermas endémicas en México: zonas de alto endemismo para la conservación. *Acta Botanica Mexicana* 100:293-315.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ESTUDIO DE CASO

Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Jaime de Jesús Ángeles Mota y Yuritzi Aracely Vargas Aguirre

Introducción

Las cactáceas son una familia de plantas con flor, caracterizada por presentar tallos gruesos donde almacenan agua (suculentos) para evitar la desecación, así como espinas que las ayudan a protegerse contra depredadores; muchas de ellas se han adaptado fisiológicamente a zonas con baja precipitación. Por lo general su crecimiento es lento y llegan a vivir hasta cientos de años (Arreola 1997, González-Durán *et al.* 2001). Su distribución se encuentra restringida a determinadas regiones del país (lo que se conoce como endemismo), y suelen presentar poblaciones pequeñas y aisladas, lo que dificulta su reproducción y las hace vulnerables a cambios en el ambiente (Jiménez-Sierra 2011). Además, los

daños antropogénicos, tales como el cambio de uso del suelo, han provocado la pérdida de su hábitat.

Existen entre 1 400 y 2 000 especies de cactáceas en todo el continente americano (desde Canadá hasta la Patagonia; CONABIO 2016). Sin embargo, en México ha ocurrido la mayor diversificación y presencia de endemismos (Bravo-Hollis y Scheinvar 1999), ya que se tienen reportadas 677 especies pertenecientes a 62 géneros (Villaseñor 2016), de las cuales, 518 especies y 25 géneros son endémicos al país (Guzmán *et al.* 2003); de este modo, la familia Cactaceae ocupa el séptimo sitio en diversidad dentro de las plantas vasculares del país (Villaseñor 2016).

En Hidalgo, considerado el noveno estado con mayor diversidad florística de México, la familia Cactaceae cuenta con 162 especies (Sánchez-González *et al.* 2008); esto representa 3.4% de las 4 734 especies, 1 332 géneros y 227 familias de las plantas con flor registradas para el estado (Villaseñor 2016). En particular, la Barranca de Metztitlán es considerada una de las zonas más relevantes de México en cuanto a su diversidad de cactáceas (figuras 1 y 2). Esto se confirma con los trabajos de Sánchez-Mejorada (1978), quien elaboró un manual de campo de las cactáceas y suculentas de la barranca, y registró la presencia de 57 especies de importancia florística en el sitio. Otro ejemplo es el de la doctora Helia Bravo Hollis, quien junto con Sánchez-Mejorada estudió y realizó importantes descripciones de las cactáceas de México en esta zona (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada 1978, Cuevas *et al.* 2008).

Cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) se ubica en el estado de Hidalgo entre los 20° 14' y 20° 4' N, y los 98° 23' y 98° 57' O, en los municipios Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquitlán y Zacualtipán de Ángeles (figura 3; CONANP 2003). Con una extensión de 96 042.94 ha (4.6% de la superficie total del estado), fue decretada en el año 2000, con el objetivo de proteger y conservar los recursos naturales de los ecosistemas que alberga (CONANP 2003).

Ángeles-Mota, J.J. y Y.A. Vargas-Aguirre. 2021. Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 224-229.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 1. *Echinocactus platyacanthus* en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Foto: Alberto Azpeitia/Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán-CONANP.

En el plan de manejo de la RBBM publicado en el 2003, se reportaron 62 especies de cactáceas (CONANP 2003), de las cuales 11.42% son endémicas de México (Matías 2007). Posteriormente, en 2016, se realizó un estudio para el monitoreo, conservación y manejo de las cactáceas de la RBBM (Ángeles-Mota 2016), en el cual se registraron 49 especies (cuatro de ellas identificadas sólo hasta género), y se adicionaron nuevos registros para el área, con lo que suman un total de 64 especies (apéndice 9; CONANP 2003, Ángeles-Mota 2016). De estas, 84.4% presenta algún tipo de endemismo, 14.1% se encuentran enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010), 73.4% se encuentra en alguna categoría de riesgo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2019) y 87.5% se hallan en algúnapéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES;apéndice 9). En cuanto a su composición taxonómica, de los 20 géneros que se encuentran en la reserva, el género de las biznagas (*Mammillaria*) es el más representativo, con 15 especies.

Importancia ecológica, económica y cultural

Desde el punto de vista ecológico, las cactáceas dan protección a una gran cantidad de especies. Muchos animales utilizan sus troncos, ramas y raíces para hacer sus nidos o madrigueras, y sus flores y frutos como alimento. De igual manera, sus raíces ayudan a proteger el suelo contra la erosión (CONABIO 2016). También tienen importancia económica debido a su valor alimenticio (CONABIO 2016) por el consumo de sus tallos como los nopales, frutos como las pitahayas y las tunas, y sus flores. Por su variedad de formas, tamaños y colores, también se usan con fines ornamentales derivado de su gran belleza y rareza. Además, gran cantidad de especies son utilizadas en rituales, como plantas medicinales, y en la construcción como cercas vivas.

Dentro de la RBBM se han consolidado unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) dedicadas a la conservación, reproducción y comercialización de cactáceas tales como *Astrophytum*



Figura 2. *Cephalocereus senilis* en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Foto: Jaime de Jesús Ángeles Mota.

ornatum, *Cephalocereus senilis* y *Echinocactus platyacanthus*, entre otras. Además, se pueden encontrar alimentos como la nieve del fruto de garambullo y de pitahaya.

Amenazas y acciones de conservación

Las cactáceas pueden presentar plagas y enfermedades causadas por hongos, insectos y bacterias (García *et al.* 2011). En la RBBM se han identificado individuos de *E. platyacanthus* plagados por una especie de hongo conocida como roya, que afecta su supervivencia (Ángeles-Mota 2017). Por otra parte, la presencia de animales domésticos como burros y vacas afecta a las poblaciones de cactáceas, ya que las depredan o las pisotean (Aguilar *et al.* 2015), lo que pone en riesgo a muchas especies y disminuye las posibilidades de reclutamiento de nuevos individuos (Jiménez-Sierra 2011). Asimismo, la riqueza de cactáceas se ha visto disminuida a causa del intenso saqueo tanto de plantas como de semillas.

Para atender estas problemáticas, en 1991, México se adhirió a la CITES (CITES 2016), la cual regula el comercio de las especies enlistadas en sus apéndices.

A su vez, a partir de 1994 se creó la Subprocuraduría de Recursos Naturales de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), y tras la modificación al Código Penal en 1997, se abrió la Fiscalía Especial de Delitos Ecológicos en la entonces Procuraduría General de la República (PGR), para tratar asuntos relacionados con el tráfico de especies (Sánchez y Cantú 1999). Aunque de acuerdo con la percepción de pobladores de la RBBM, el tráfico ilegal ha disminuido desde el decreto de la zona como área natural protegida (Pulido y Pulido 2008), datos de la PROFEPA (2014) confirman que continúa la extracción ilegal de cactáceas en Hidalgo (especialmente de *C. senilis*) y que el tráfico ilegal continúa operando a nivel nacional (PROFEPA 2017).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), a través de la administración de la RBBM, ha orientado acciones hacia la población local, mediante pláticas de educación ambiental y elaboración de material de difusión, para sensibilizar a los pobladores y evitar el saqueo de cactáceas. También se ha promovido la comercialización legal y sustentable de especies de cactáceas a través de las UMA, mismas que han provisto ejemplares para realizar acciones de reforestación dentro de la reserva.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

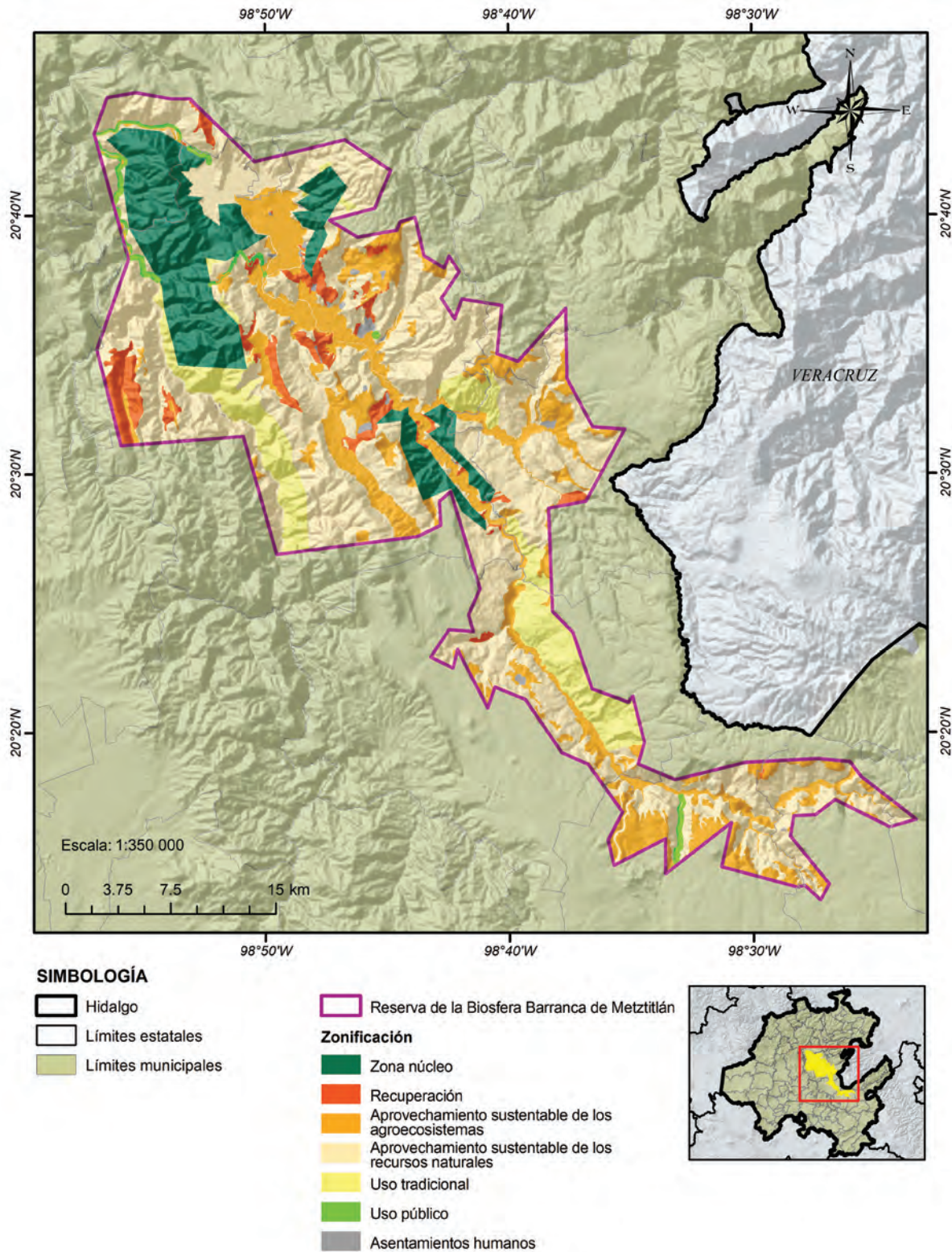


Figura 3. Localización de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2020.

Conclusiones

Las cactáceas son una familia de plantas muy apreciadas por su diversidad, endemismos, belleza y rareza en México y en el mundo. La RBBM es una de las zonas cactológicas más importantes y emblemáticas del país, por lo que su conservación y protección son primordiales. Para ello se debe continuar la promoción

de la propagación y comercialización legal de especies, así como realizar investigaciones que contribuyan a su conservación, difundiendo los resultados a los pobladores de la región. Además, es importante buscar alternativas para disminuir el daño provocado por animales domésticos, así como soluciones para el manejo de plagas y enfermedades que aseguren la supervivencia de las poblaciones de cactáceas.

Referencias

- Aguilar, L.M., A.E. Rojas Martínez y O.C. Noruega. 2015. *Estudio para el monitoreo y conservación y manejo de los recursos naturales: Estimación del tamaño, propuesta para el manejo, control y remediación de las poblaciones ferales de burro (Equus asinus) y de la vaca (Bos taurus) en la Reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo*. CONANP, México.
- Ángeles-Mota, J.J. 2016. *Estudio para el monitoreo, conservación y manejo de los recursos naturales: Cactáceas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. RBBM-CONANP, México.
- . 2017. *Estudio para el monitoreo, conservación y manejo de los recursos naturales: Estudio para la elaboración de la línea base para el monitoreo de Cephlocereus senilis Haw. Pfeiff, Echinocactus platyacanthus Link et Otto, y Tillandsia mauryana L.B. Sm. En la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán*. RBBM-CONANP, México.
- Arreola, H.J. 1997. Formas de vida y características morfológicas. En: *Suculentas mexicanas: cactáceas*. C. Valles (ed.). CONABIO/SEMARNAP/UNAM/CUCC/CVS Publicaciones, México, pp. 27-31.
- Bravo-Hollis, H. y H. Sánchez-Mejorada. 1978. *Las cactáceas de México*. UNAM, México.
- Bravo-Hollis, H. y L. Scheinvar. 1999. *El interesante mundo de las cactáceas*. FCE/CONACYT, México.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2016. *México*. En: <<https://www.cites.org/eng/cms/index.php/component/cp/country/MX>>, última consulta: mayo de 2018.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. *Biodiversidad mexicana. Cactus y biznagas*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/magnoliayMarg/cactaceas.html>, última consulta: 20 de octubre de 2016.
- CONANP. Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. SEMARNAT, México.
- . 2020. *Buscador de datos por área natural protegida*. En: <<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/>>, última consulta: abril de 2020.
- Cuevas, C., A.P. Martínez y O.A. Molina. 2008. Los científicos en la creación de las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo. En: *Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo*. F.G. Pulido, A.L. López y M.T. Pulido (eds). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 7-17.
- García, D.S.E., M.J.T. Méndez, B.R. Campos y A.L. Ángel. 2011. *Informe de los recorridos de campo. Detección de plagas de cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. División de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco.
- González-Durán, A., M. Riojas-López y H.J. Arreola-Nava. 2001. *El género Opuntia en Jalisco: Guía de campo*. Universidad de Guadalajara/CONABIO, México.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. CONABIO/UNAM, México.
- Jiménez-Sierra, C.L. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12(1):1-23.
- Matías, M.L.. 2007. *Estructura poblacional y biología reproductiva de Turbinicarpus horripilus (Lem) Vác. Jonh & Riha (Cactácea)*. Tesis de maestría. UAM, México.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2014. *Asegura profepa dos loros y 3 cactáceas en situación de riesgo*. En: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/6145/1/mx.wap/asegura_profepa_dos_loros_y_3_cactaceas_en_situacion_de_riesgo.html>, última consulta: 5 de diciembre de 2018.
- . 2017. *Asegura profepa 2,182 pseudobulbos de orquídeas y 128 cactáceas durante operativo "Madretierra II"*. En: <<https://www.gob.mx/profepa/prensa/asegura-profepa-2-182-pseudobulbos-de-orquideas-y-128-cactaceas-durante-operativo-madretierra-ii>>, última consulta: 5 de diciembre de 2018.
- Sánchez, M.E. y J.C. Cantú. 1999. La guerra de las cactáceas. *Este País* 102(13):1-6.
- Sánchez-González, A., E. Álvarez, M.Á. Palacios y A.L. Cuevas. 2008. Datos preliminares sobre la flora vascular del estado de Hidalgo. *Herreriana* 4(2):6-8.

Sánchez-Mejorada, H. 1978. *Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán*. Sociedad Mexicana de Cactología, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2019. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2014.3. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: mayo de 2019.

Villaseñor, J.L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3):559-902.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sírfidos asociados a cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Ana Paola Martínez Falcón y María Ángeles Marcos García

Introducción

Los sírfidos (Diptera: Syrphidae), conocidos como moscas de las flores o moscas cernidoras (*flowerflies*, *hoverflies*), deben su nombre a que son asiduos visitantes florales y a su característico vuelo sostenido, por lo que son considerados buenos polinizadores (Blaauw e Isaacs 2014). Es frecuente su similitud con otros dípteros (moscas y mosquitos) e himenópteros (p.e. abejas, avispas, abejorros; Penney *et al.* 2014), y al igual que muchos de ellos, los adultos se alimentan principalmente de polen y néctar. El régimen trófico¹ de sus larvas es muy variado, se alimentan de otros insectos (depredadoras), tejido vegetal vivo (fitófagas), microorganismos acuáticos en oquedades arbóreas (saproxilicas), o materia orgánica en descomposición (saprófagas).

La familia Syrphidae se compone de las subfamilias Microdontinae, Eristalinae, Syrphinae y Pipizinae (Mengual *et al.* 2015), y hasta el momento se han descrito 202 géneros y más de 6 mil especies (Thompson 2013). Debido a su vistosidad, diversidad morfológica, abundancia, y a su amplia distribución en el mundo, son una de las familias de dípteros mejor estudiadas. El conocimiento de la diversidad de hábitats en los que se desarrollan, la biología de sus fases inmaduras (huevo, larva y pupa), su comportamiento y los requerimientos

biológicos de los adultos, se aplica directamente a los estudios de conservación, biología evolutiva, bioindicación ambiental, control biológico y polinización (Sommaggio 1999, Burgio y Sommaggio 2007, Irshad 2014).

El género *Copestylum* (subfamilia Eristalinae) es endémico del continente americano. Es uno de los géneros neotropicales más diversos, con más de 400 especies descritas² y muchas aún por descubrir (Ricarte *et al.* 2015). Las larvas son saprófagas y pueden desarrollarse en una amplia gama de sustratos vegetales y de hábitats, desde el agua retenida en las hojas (brácteas) de bromelias o en troncos de bambú en ecosistemas húmedos, hasta el tejido vegetal en descomposición de cactáceas en zonas áridas (figura 1; Rotheray *et al.* 2007, 2009). Los adultos son ágiles voladores y se alimentan de polen y néctar de un amplio rango de especies vegetales (Marcos-García y Pérez-Bañón 2001).

Sírfidos de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Se realizó un inventario de la fauna del género *Copestylum* en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) en Hidalgo, a partir de un muestreo sistemático durante dos años en épocas de secas y lluvias (2005 y 2007). Se seleccionaron un

1 El régimen o nivel trófico de un organismo es la forma en que obtiene nutrientes del medio en el que habita.

2 El número de especies de este género para México es aún desconocido, ya que no se ha hecho una revisión exclusiva para el país.

Martínez-Falcón, A.P. y M.A. Marcos-García. 2021. Sírfidos asociados a cactáceas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 231-238.



Figura 1. Larvas de sírfidos en un cactus en descomposición dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Foto: Ana Paola Martínez Falcón.

matorral crasicaule conservado, y otro perturbado por el manejo agropecuario con ganado ovino. En cada ecosistema se delimitó una parcela de 20 x 5 m, dentro de la cual se llevó a cabo la búsqueda directa de muestras de cactáceas en descomposición de diferentes especies. Todas las muestras con presencia de larvas de sírfidos fueron llevadas al laboratorio para su crianza hasta etapa adulta y posterior identificación taxonómica a nivel de especie; como resultado de este estudio se criaron 3 821 ejemplares durante los dos años de muestreo (Moreno *et al.* 2007, Martínez-Falcón *et al.* 2011a).

En 2005 sólo se realizó un muestreo en la época de lluvias, y se registraron 492 individuos de 10 especies (cuadro 1). En cada uno de los ecosistemas seleccionados se encontraron ocho especies de *Copestylum*, por lo que no se observaron diferencias en la riqueza biológica (número de especies) entre los dos ambientes, pero se encontró una mayor abundancia en el matorral perturbado (305 individuos) que en el natural (187 individuos).

En 2007 se identificaron 3 329 individuos de 12 especies a lo largo del ciclo anual de muestreo (lluvias y secas, cuadro 1, apéndice 10). Contrario al muestreo de 2005, el matorral natural en época de lluvias presentó la riqueza más alta (10 especies) y los mayores valores de abundancia, mientras que el matorral perturbado en secas presentó la menor riqueza (siete especies) y los valores de abundancia más bajos. En general, se aprecia que el matorral natural tiene mayor riqueza de especies; sin embargo, no

contiene todas las especies presentes en ambos ambientes (cuadro 1). La cactácea que tuvo mayor abundancia y número de especies fue *Isolatocereus dumortieri* (figura 2).

En cuanto al inventario faunístico, se descubrió una especie nueva para la ciencia perteneciente al grupo *Apiciferum*; en referencia al lugar donde fue hallada, se la nombró *Copestylum hidalgense* (figura 3; Rotheray *et al.* 2009). Las larvas de esta especie son saprófagas y se desarrollan en los tejidos en descomposición de dos especies de cactáceas presentes en la zona (*Cylindropuntia tunicata* e *I. dumortieri*). Hasta el momento, tanto los adultos como las larvas de esta nueva especie han sido registrados sólo en el matorral natural de la RBBM, y en un bajo número de individuos. El descubrimiento de esta nueva especie amplía el conocimiento sobre la sírfidofauna de México en ambientes semiáridos, y sobre las relaciones biológicas que las especies del género *Copestylum* mantienen con sus plantas huéspedes. De este modo, se resalta el valor de este paraje natural al albergar especies autóctonas y, a su vez, se pone de manifiesto la necesidad de incrementar los estudios en esta zona y el esfuerzo que aún hay que dedicar al conocimiento de los sírfidos en el territorio mexicano.

El resto de las especies de *Copestylum* ya se habían documentado en otras zonas semiáridas de México (Rotheray *et al.* 2009, Rotheray y Gilbert 2011). No obstante, en el caso de *C. milae* (descrita en Chiapas; Rotheray *et al.* 2009), los ejemplares estudiados de la RBBM permiten ampliar el conocimiento sobre su ciclo biológico y su distribución geográfica en México, descubriéndose también por vez primera sus estados inmaduros y el medio donde se desarrollan sus larvas. El conocimiento detallado de la biología de estas especies y de sus ciclos de vida es de suma importancia, ya que permite conocer sus implicaciones en procesos ecosistémicos, tales como la polinización por parte de los adultos y el proceso de descomposición de las cactáceas por parte de las larvas. Además, el conocimiento de su relación con la planta donde se desarrollan las larvas facilitará el establecimiento de las medidas de su conservación, a través del correcto manejo del ecosistema.

En cuanto a la descripción general de las especies encontradas, *Copestylum latum* (figura 4) y *C. posticum* (especies de gran talla), presentaron alta

Cuadro 1. Especies y abundancia de *Copestylum* en cada una de las comunidades estudiadas dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán.

Especie	Matorral crasicaule perturbado			Matorral crasicaule natural			Total por especie
	Lluvias 2005	Lluvias 2007	Secas 2007	Lluvias 2005	Lluvias 2007	Secas 2007	
<i>C. hidalgense</i>	0	0	0	1	14	0	15
<i>C. latum</i>	5	104	4	40	154	205	512
<i>C. limbipenne</i>	7	101	4	50	136	4	302
<i>C. marginatum</i>	221	219	316	8	182	152	1 098
<i>C. mexicanum</i>	1	4	0	0	0	0	5
<i>C. milae</i>	2	5	0	2	84	12	105
<i>C. posticum</i>	8	187	4	5	264	28	496
<i>C. sica</i>	0	0	0	1	12	0	13
<i>C. simile</i>	54	181	152	80	231	52	750
<i>C. tetetzoii</i>	0	0	2	0	0	0	2
<i>C. truncatum</i>	0	79	142	0	1	178	400
<i>C. violaceum</i>	7	33	0	0	59	24	123
Total	305	913	624	187	1 137	655	3 821

Fuente: Moreno *et al.* 2007, Martínez-Falcón *et al.* 2011a.

abundancia en ambos sitios, y pueden encontrarse en todos los periodos temporales estudiados. Ambas especies son capaces de moler o rasgar los tejidos firmes de cactus en su etapa más temprana de descomposición. *Copestylum milae*, otra especie de talla grande, presenta un papel funcional distinto, ya que la morfología de su sistema de alimentación está adaptada a medios líquidos, por lo que es muy abundante en la época de lluvias en el matorral natural. Esta fenología (temporalidad de su ciclo de vida) viene asociada a que las larvas de *C. milae* requieren para su desarrollo los tejidos blandos semilíquidos de los segmentos caídos de cactus, que son más frecuentes en época lluviosa.

En cuanto a las especies de menor talla como *C. marginatum*, *C. simile*, *C. limbipenne* y *C. truncatum*, presentaron alta abundancia en las comunidades estudiadas, aunque existe en general un recambio temporal y espacial en la importancia numérica de cada una de estas especies. La menor abundancia de *Copestylum* en el ambiente perturbado puede ser el resultado de un empobrecimiento del medio,

que podría poner en peligro la supervivencia de las especies raras en estos ambientes, como son *C. hidalguense*, *C. tetetzoii*, *C. milae* y *C. mexicanum*.

La importancia biológica de estos insectos saprófagos es que se encuentran en diferentes etapas sucesionales del proceso de descomposición de la planta. Así, las de talla grande y mediana, que pertenecen al grupo trófico adaptado a rasgar el tejido con su aparato bucal, son las que llegan primero a colonizar el tejido vegetal de los cactus en descomposición cuando éste es aún firme (p.e. *C. latum* y *C. posticum*). Posteriormente llegan las especies cuyo aparato bucal está adaptado a procesar alimento líquido o semilíquido (p.e. *C. truncatum*). Finalmente, el tejido presenta una consistencia semejante a la del suelo, y es entonces cuando es procesado por otros artrópodos que continúan el proceso de descomposición.

Las especies de *Copestylum* son habitantes permanentes del matorral crasicaule y, salvo algunas especies raras, la mayor parte de ellas pueden ser encontradas a lo largo de todo el año, de modo



Figura 2. Cactus columnar *Isolatocereus dumortieri* de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Foto: Ana Paola Martínez Falcón.

que sólo cambian los patrones de abundancia entre ellas. En el periodo de secas hay menos especies de *Copestylum* en ambos ambientes, posiblemente como una consecuencia del descenso en el proceso de descomposición de tejido de las cactáceas y, por lo tanto, de la disponibilidad de su hábitat de desarrollo larvario. Debido a lo anterior, puede inferirse que la ausencia prolongada de lluvias en esta zona podría ser un factor crítico en el mantenimiento de la diversidad de especies de *Copestylum*.

Los resultados demuestran que hay una mayor diversidad de especies de *Copestylum* en el matorral natural que en el perturbado por pastoreo, lo que sugiere que el manejo agropecuario cambia la composición o abundancia de los sustratos disponibles para el desarrollo de las larvas, lo que altera los procesos ecosistémicos de los cuales forman parte. La diversidad y estructura de la comunidad

cambian drásticamente entre las dos temporadas anuales, e incluso entre los años de estudio. Por ejemplo, especies como *C. limbipenne* y *C. simile* que presentaron baja abundancia en 2005, fueron, por el contrario, más abundantes en las comunidades de 2007. En ambos años, la estructura de la comunidad está conformada por dos especies de talla grande (*C. posticum* y *C. latum*) y un conjunto de especies de talla menor (*C. marginatum*, *C. limbipenne*, *C. simile* y *C. truncatum*). En este mismo sentido, *C. violaceum*, que fue una especie rara en 2005, en 2007 se encontró mejor representada en cuanto a número de individuos.

Estos datos indican que tanto el manejo agropecuario como la estacionalidad juegan un papel importante en la abundancia y diversidad de especies de *Copestylum* en este tipo de ambientes. De manera ocasional, también se criaron en los tejidos de



Figura 3. Especie nueva de sírfido (*Copestylum hidalgense*), endémico de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Foto: Ana Paola Martínez Falcón.

cactáceas ejemplares del sírfido *Nausigaster geminata* (figura 5), especie que se distribuye desde Norteamérica hasta Argentina (Thompson *et al.* 2010). Adultos de esta especie ya se encontraban registrados en la colección del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En este estudio se criaron cinco individuos procedentes de larvas encontradas en *Echinocereus cinerascens*, cactácea de bajo porte en la que se registra por primera vez el crecimiento de *N. geminata*.

Asociaciones entre sírfidos, cactáceas y microbiota

Una vez conocida la fauna de sírfidos de este matorral crasicaule, Martínez-Falcón y colaboradores (2012) estimaron el papel que las larvas de *Copestylum* desempeñan en la tasa de descomposición de los cactus, y en las proporciones de C/N (carbono/nitrógeno). Para ello se llevaron a cabo ensayos de campo durante dos eventos de lluvias (en 2008 y 2009), en los cuales se seleccionaron segmentos de igual peso de *I. dumortieri* (Cactaceae), especie de la RBBM en la que se desarrollan seis especies de *Copestylum*: *C. latum*, *C. limbipenne*, *C. milae*, *C. posticum*, *C. satur* y *C. truncatum* (Martínez-Falcón *et al.* 2012). *Copestylum satur* fue registrada sólo en 2008 dentro del matorral crasicaule natural, donde se capturaron tres larvas de esta especie.

Posteriormente, estos segmentos fueron colocados en diferentes zonas dentro de la RBBM; algunos segmentos fueron introducidos en el interior de un recipiente con paredes de malla y otros sin dicha protección, con el propósito de permitir o evitar (en el primer caso) el libre acceso de los insectos al tejido de la cactácea. En los fragmentos libres de protección se apreció una alta abundancia de larvas del género *Copestylum* en ambos años. La tasa de descomposición de tejido vegetal de las muestras con presencia de larvas fue significativamente mayor que aquellas sin larvas. Por otra parte, se aprecia que la proporción C/N disminuye significativamente más rápido para las muestras expuestas a larvas. Estos resultados aportan evidencia de la importancia de la acción larvaria de este género de dípteros en el proceso de descomposición de los cactus y su papel en el reciclaje de nutrientes en zonas de matorrales crasicaules del centro de México.

Finalmente, con el fin de profundizar en el conocimiento del proceso de descomposición de las cactáceas y su relación con estos dípteros, Martínez-Falcón y colaboradores (2011b) estudiaron las especies de microorganismos que se encuentran en los tractos digestivos de las larvas de dos especies de *Copestylum* (*C. limbipenne* y *C. latum*), así como aquellas que se encuentran en sus medios nutritivos (en este caso, tejido en descomposición de *I. dumortieri*). Se identificó que las larvas de ambas



Figura 4. a) Larva y b) adulto de *Copestylum latum* de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Foto: Ana Paola Martínez Falcón.

especies se desarrollan en los tejidos en descomposición de cactáceas, pero presentan diferentes estrategias de alimentación: las larvas de *C. latum* horadan y se alimentan de tejidos semidescompuestos de cactus, mientras que las de *C. limbipenne* se alimentan de tejidos semilíquidos que se encuentran en un grado más avanzado de descomposición. Por su parte, se determinó que la microbiota existente en larvas de diferentes especies de *Copestylum* es más similar entre sí que la presente en su medio de nutrición. Las principales bacterias encontradas en el tracto digestivo larvario son nitrificantes, pectinolíticas y del ácido láctico, siendo el grupo más representativo las Enterobacteriaceae y Gammaproteobacterias. Por su parte, el tejido del cactus en descomposición alberga una microbiota principalmente compuesta por bacterias del ácido láctico (degradativas de azúcares; Martínez-Falcón *et al.* 2011b).

Este descubrimiento permite entender con más detalle la importancia que tiene la actividad trófica de las larvas de sírfidos saprófagos y su microbiota en el proceso de descomposición del cactus. Juntos, dípteros y bacterias, degradan el tejido del cactus y participan en la reincorporación de nutrientes de este abundante cactus columnar de la RBBM. El servicio ambiental que estos sírfidos (tan abundantes en los ecosistemas semiáridos mexicanos) y su microbiota asociada ejercen al alimentarse, es fundamental en el proceso de descomposición de cactáceas y la reincorporación de sus nutrientes al suelo. Las larvas se encargan de degradar la materia orgánica al remover el tejido vegetal, lo que acelera el proceso de descomposición y contribuye al reciclaje de nutrientes y fertilidad de los suelos. Su actividad evita que la superficie del suelo se cubra con

los restos de estas cactáceas sin ningún proceso de descomposición previo, lo que impediría la incorporación de nutrientes al suelo y limitaría el proceso de reciclado.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados que aquí se presentan demuestran una estrecha relación de las especies de *Copestylum* con las plantas en las que se desarrollan sus larvas, por lo que pueden ser vulnerables a la extinción, principalmente en aquellas zonas en las que la vegetación está siendo gravemente afectada. Al no conocerse las especies de este género en el resto de las ecorregiones de Hidalgo, y dado el incipiente conocimiento sobre la biología de los adultos, no es posible establecer criterios rigurosos de vulnerabilidad ni establecer medidas adecuadas de conservación; sin embargo, se cuenta con suficiente información para poder aplicar algún criterio general, así como priorizar e impulsar aquellos aspectos que requieren celeridad en su estudio.

El siguiente paso debe ser completar el inventario de las especies de sírfidos que se desarrollan en las cactáceas de las diferentes ecorregiones de Hidalgo, las cuales contribuyen al reciclado de materia orgánica y participan en el ciclo de la energía y nutrientes, de modo que se incorporen también las especies asociadas a las oquedades y troncos de árboles (especies saproxílicas), así como a los tejidos en descomposición de tallos, flores y frutos. En ecosistemas mediterráneos, se sabe que los sírfidos saproxílicos son buenos indicadores del cambio global (Rotheray y Gilbert 2011) y de la calidad de los bosques (Ricarte 2009). Además, algunas de sus

especies son de interés en conservación (Marcos-García 2006), ya que las comunidades saproxilicas son muy vulnerables a la extinción, debido a la reducción y empobrecimiento de los hábitats forestales, en particular, de los árboles maduros donde se alberga una mayor biodiversidad.

Los sírfidos son uno de los grupos de insectos más adecuados para evaluar el estado de conservación de los hábitats. Esta evaluación puede hacerse mediante la herramienta predictiva llamada Syrph the Net (StN), que comprende en una amplia base de datos sobre la distribución conocida de las especies de sírfidos y sus preferencias de hábitat (Speight 2017). Esta herramienta ha sido probada en diversos países de Europa, en donde se dispone de información ecológica más completa para la mayoría de las especies de sírfidos, de un modo útil para la evaluación de hábitats (Monteil 2010). El uso de StN posibilita la evaluación de la integridad de los hábitats desde el punto de vista de la diversidad de sírfidos (Speight y Castella 2001), a través de la proporción de especies observadas en relación con las esperadas.

Dado que los sírfidos adultos visitan con frecuencia las flores para alimentarse de su nutritivo polen (necesario para la madurez sexual) y energético néctar (necesario para el vuelo), pueden llegar a ser buenos agentes polinizadores (Pérez-Bañón *et al.* 2007), además de establecer, en algunos casos, estrechas relaciones e incluso total dependencia de la especie floral. En la RBBM, los adultos de diferentes especies de *Copestylum* visitan con frecuencia las flores de las cactáceas y de otras especies vegetales propias del matorral (obs. pers.); de modo que profundizar en la actividad desempeñada por estas especies de sírfidos en el proceso de la polinización complementaría el conocimiento de la compleja red de interacciones insecto-planta en estos ecosistemas. El conocimiento de los servicios ecosistémicos en los que los sírfidos intervienen activamente, como la descomposición de la materia vegetal y la polinización, aportará información necesaria para diseñar estrategias integrales y eficaces de conservación en ecosistemas áridos, de modo que se logre



Figura 5. Larva de *Nausigaster geminata* de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. Foto: Eduardo Galante.

un equilibrio con las actividades ganaderas llevadas a cabo en la zona.

Asimismo, es importante destacar que las especies de sírfidos cuyas larvas son depredadoras, intervienen activamente en el control biológico de plagas. Desde su nacimiento, estas larvas se alimentan selectiva y vorazmente de insectos fitófagos (principalmente pequeños homópteros como pulgones) cuyas poblaciones, de no estar debidamente controladas, se convertirían en serias plagas. Algunas de estas especies (p.e. *Sphaerophoria rueppellii*) ya se crían masivamente en biofábricas (BioNostrum 2017) y están disponibles comercialmente para ser utilizadas en el control biológico de plagas de pulgones en aquellos agroecosistemas en los que el reiterado uso de fitosanitarios, y la aplicación de equivocadas prácticas agrícolas, han empobrecido las poblaciones naturales de insectos auxiliares (aquellos que proveen beneficios en los sistemas agrícolas como depredadores de plagas y polinizadores).

Finalmente, se espera que la categoría de conservación establecida para algunas especies vegetales (como es el caso de diversas cactáceas), contribuya a proteger simultáneamente a algunas especies de sírfidos (efecto sombrilla).

Referencias

- BioNostrum. 2017. *Página de inicio*. En: <<https://www.bionostrum.com/>>, última consulta: julio de 2018.
- Blaauw, B.R. y R. Isaacs. 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* 51(4):890-898.
- Burgio, G. y D. Sommaggio. 2007. Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120(2-4):416-422.
- Irshad, M. 2014. Review: role of syrphids (Diptera: Syrphidae) as biotic agents and pollinators in Pakistan. *Journal of Biore-source Management* 1(2):1-9.
- Marcos-García, M.A. y C. Pérez-Bañón. 2001. Immature stages, morphology and feeding behaviour of the saprophylic syrphids *Copestylum taumalipanum* and *C. lentum* (Diptera, Syrphidae). *European Journal of Entomology* 98(3):375-385.
- Marcos-García, M.A. 2006. *Caliprobola speciosa* (Rossi, 1790), *Mallota dusmeti* Andréu, 1926 and *Meligramma cingulata* (Egger, 1860). En: *Libro Rojo de los invertebrados de España*. J.R. Verdú y E. Galante (eds.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 173-176.
- Martínez-Falcón, A.P., M.Á. Marcos-García y C.E. Moreno. 2011a. Temporal shifts and niche overlapping in *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) communities reared in cactus species in a central Mexican scrubland. *Ecological Research* 26(2):341-350.
- Martínez-Falcón, A.P., A. Durbán, A. Latorre *et al.* 2011b. Bacteria associated with *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) larvae and their host breeding cactus host *Isolatocereus dumortieri*. *PLOS ONE* 6(11):e27443.
- Martínez-Falcón, A.P., M.A. Marcos-García, C.E. Moreno y G.E. Rotheray. 2012. A critical role for *Copestylum* larvae (Diptera, Syrphidae) in the decomposition of cactus forests. *Journal of Arid Environments* 78:41-48.
- Mengual, X., G. Ståhls y S. Rojo. 2015. Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. *Cladistics* 31(5):491-508.
- Monteil, C. 2010. Species selection tool for the "Syrph the Net" database. En: *The database of European Syrphidae*. M.C.D. Speight, E. Castilla, J.P. Sarthou *et al.* (eds.). Syrph the Net Publications, Dublin, pp. 5-37.
- Moreno, C.E., G. Sánchez-Rojas, J.R. Verdú *et al.* 2007. Biodiversidad en ambientes agropecuarios semiáridos en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México. En: *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. G. Halffter, S. Guevara y A. Meliá (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 97-107.
- Penney, H.D., C. Hassall, J.H. Skevington *et al.* 2014. The relationship between morphological and behavioural mimicry in hover flies (Diptera: Syrphidae). *The American Naturalist* 183(2):281-289.
- Pérez-Bañón, C., T. Petanidou y M.A. Marcos-García. 2007. Pollination in small islands by occasional visitors: the case of *Daucus carota* subsp. *commutatus* (Apiaceae) in the Columbretes archipelago, Spain. *Plant Ecology* 192(1):133-151.
- Ricarte, A. 2009. Syrph the Net como herramienta para la evaluación del estado de conservación de ecosistemas mediterráneos. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 33(3-4):321-336.
- Ricarte, A., M.A. Marcos-García, E.G. Hancock y G.E. Rotheray. 2015. Neotropical *Copestylum* (Diptera: Syrphidae) breeding in fruits and flowers, including 7 new species. *PLOS ONE* 10(11):e0142441.
- Rotheray, G.E. y F. Gilbert. 2011. *The natural history of hoverflies*. Forrest Text, Reino Unido.
- Rotheray, G.E., E.G. Hancock y M.A. Marcos-García. 2007. Neotropical *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) breeding in bromeliads (Bromeliaceae) including 22 new species. *Zoological Journal of the Linnean Society* 150(2):267-317.
- Rotheray, G.E., M.A. Marcos-García, E.G. Hancock *et al.* 2009. Neotropical *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) breeding in Agavaceae and Cactaceae including seven new species. *Zoological Journal of the Linnean Society* 156(4):697-749.
- Sommaggio, D. 1999. Syrphidae: can they be used as bioindicators? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74(1-3):343-356.
- Speight, M.C.D. 2017. *Species accounts of European Syrphidae, 2017. Syrph the Net, the database of European Syrphidae (Diptera) vol. 97*. Syrph the Net publications, Dublin.
- Speight, M.C.D. y E. Castilla. 2001. An approach to interpretation of lists of insects using digitised biological information about the species. *Journal of Insect Conservation* 5(2):131-139.
- Thompson, F.C., G.E. Rotheray y M.A. Zumbado. 2010. Family Syrphidae. En: *Manual of Central America Diptera*. Vol. 2. B.V. Brown, A. Borkent, J.M. Cumming *et al.* (eds.). NRC Research Press, Canadá, pp. 763-792.
- Thompson, F.C. 2013. *Family Syrphidae. Systema Dipteroorum, version 1.5*. En: <<http://www.diptera.org>>, última consulta: septiembre de 2016.



Mariposas diurnas

Alejandra Montserrat García Díaz, José Luis Salinas Gutiérrez y Moisés Armando Luis Martínez

Descripción

La palabra lepidóptero (*lepidos*: escama, *pteron*: ala), significa alas con escamas, y es la manera general de llamar a los miembros del orden Lepidoptera; no obstante, no es el único carácter que los identifica, pero es el más conspicuo y reconocible para la mayoría de la gente. Con base en esta concepción en México, existe la leyenda que dice: “si tocas las alas de las mariposas y te cae el polvo en los ojos, éste puede dejarte ciego” (*vox populi*), sin saber que ese *polvo* sólo son las escamas, que tienen múltiples formas (figura 1).

Este orden está representado a nivel mundial por cuatro subórdenes, 45 superfamilias, 136 familias, 15 578 géneros y 157 424 especies (Van Nieukerken *et al.* 2011). En el continente americano se registran 27 superfamilias con 56 323 especies, de las cuales 23 de estas familias están presentes en México con 14 507 especies; esto significa que México alberga 9.9% de la diversidad mundial de especies y 25.75% de la diversidad de América (Heppner 1991, 1998, 2002). La superfamilia Papilionoidea es la más estudiada, y en México habitan 1 683 especies (8.75%; Llorente-Bousquets *et al.* 2013) de las 19 238 que se conocen en el mundo para esta superfamilia.

La superfamilia Papilionoidea está integrada por mariposas llamadas verdaderas o diurnas; se caracterizan por presentar escamas en todo el cuerpo, piezas bucales transformadas en una espiritrompa succionadora, antenas terminadas en una maza en

el ápice (o maza antenal) y un vuelo exclusivo durante el día (Grimaldi y Engel 2005). La constituyen seis familias, todas presentes en México: Hesperidae (723 especies), Papilionidae (48), Pieridae (77), Lycaenidae (244), Riodinidae (178) y Nymphalidae (413). Los porcentajes de endemismo a nivel específico por familia son: Hesperidae 16%, Papilionidae 6%, Pieridae 13%, Lycaenidae 5%, Riodinidae 16% y Nymphalidae 12%. Si se considera a nivel subespecífico, el endemismo en general aumenta a 22% (casi la cuarta parte de los taxones de este nivel), con cerca de 450 subespecies endémicas (Llorente-Bousquets *et al.* 2013).

Estudio de las mariposas diurnas

En Hidalgo existen pocos registros de este grupo en la literatura y ejemplares depositados en colecciones biológicas procedentes del estado. La obra más importante de finales del siglo XIX y la primera década del XX es *Biología Centrali-Americana* de Godman y Salvin (1878-1901), en la que sólo cita una especie para Hidalgo: *Polygonia g-argenteum*, registrada para la localidad Río del Monte (Mineral del Monte) y colectada por Otto Staudinger (figura 2). Durante la mayor parte del siglo XX, el estudio de las mariposas diurnas de las zonas áridas del país fue escaso. La investigación de Hoffmann (1936) *Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopán*, donde se registraron 26 especies, es uno de los primeros trabajos realizados en México y el primero

García-Díaz, A.M., J.L. Salinas-Gutiérrez y A. Luis-Martínez. 2021. Mariposas diurnas. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 239-245.

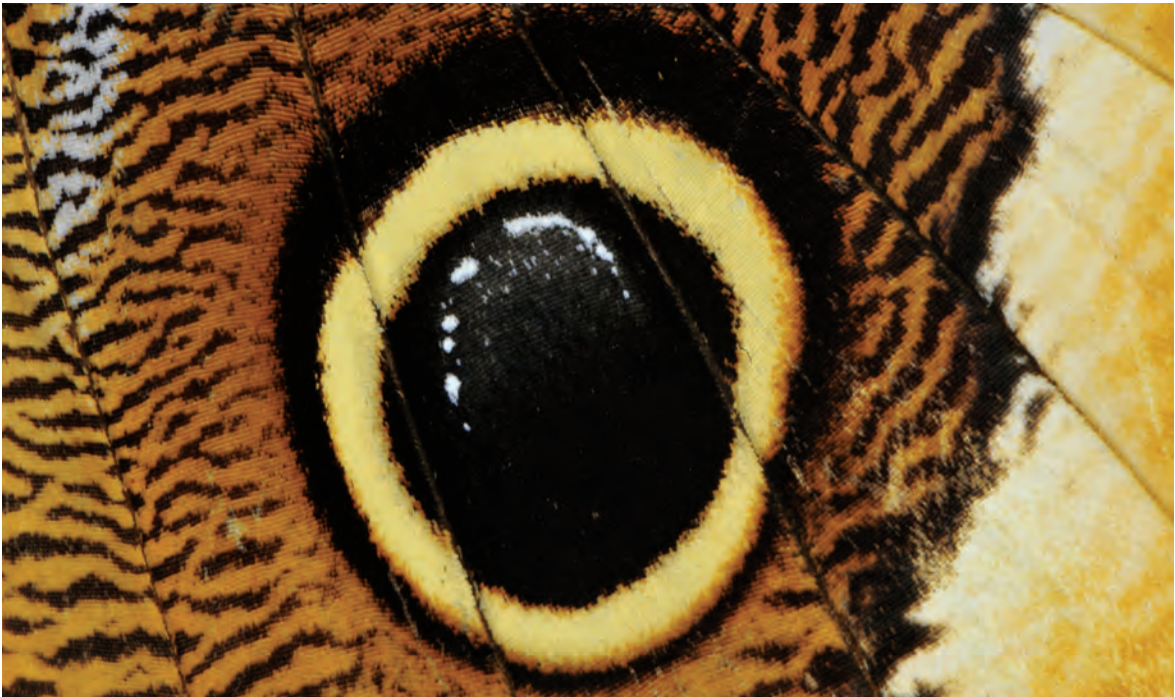


Figura 1. Escamas de las alas posteriores de una mariposa búho borde amarillo (*Caligo uranus*). Foto: Arturo Arellano C.

en el estado. Este estudio se realizó en la estación seca del año, y fue ignorado en las primeras ocho décadas del siglo xx por investigadores y aficionados, por considerar que la riqueza estacional en esta época no era significativa.

Carlos Hoffman (1940, 1941) listó 1 240 especies de mariposas diurnas para el país, de las cuales 130 se infieren para Hidalgo, pertenecientes a las superfamilias Papilionoidea y Hesperioidea; la primera con 103 y la segunda con 27 especies. Su obra se basó en la recopilación de los trabajos realizados a finales del siglo xix y las primeras cuatro décadas del siglo xx, así como en los datos de ejemplares depositados en las principales colecciones de la época, entre ellas la propia, que posteriormente pasó a formar parte del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, en Estados Unidos de América.

De la Maza, en su obra *Mariposas mexicanas* (1987), cita un total de 42 especies para Hidalgo, de las cuales 36 pertenecen a Papilionoidea y seis a Hesperioidea. Bizuet-Flores y colaboradores (2001) registraron 69

especies, 53 géneros y cinco familias para la zona del Parque Nacional El Chico. Pérez-Jarillo (2017), estudió la riqueza y abundancia en 15 sitios con distinto grado de urbanización en la zona metropolitana de la ciudad de Pachuca, y registró un total de 59 especies, representadas en seis familias, 15 subfamilias y 47 géneros, de las cuales ocho especies son endémicas de México.

Llorente-Bousquets y colaboradores (2006), a partir del análisis de la base de datos MARIPOSA (Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias-UNAM; Luis-Martínez *et al.* 2005),¹ registraron 349 especies de Papilionoidea, lista que no incluyó a las especies de la familia HesperIIDae. Por su parte, Michán y colaboradores (2005) realizaron un análisis de la historia de la taxonomía del orden Lepidoptera en el siglo xx, a partir del cual se puede inferir que Hidalgo tiene la mayor riqueza en heterogeneidad geográfica-biótica, pero presenta el menor número de trabajos publicados sobre su fauna, biología, ecología, sistemática y biogeografía.

¹ En ese entonces, la base incluía 6 532 registros de 12 colecciones: 2 nacionales (UNAM) y 10 de Estados Unidos, con ejemplares provenientes de 156 localidades de muestreo.



Figura 2. Mariposa ninfa de la Sierra Madre Oriental (*Polygonia g-argenteum*), vista ventral. Foto: Arturo Arellano C.

A partir de los datos contenidos en la literatura y la base de datos MARIPOSA, sobresale que toda la información proviene del siglo XX, con excepción del trabajo de Pérez-Jarillo (2017). La ausencia de estudios faunísticos recientes refleja el desconocimiento de la situación actual de la fauna de mariposas diurnas de la entidad, así como la necesidad de realizar trabajos sobre la diversidad de mariposas diurnas. El reconocimiento de la riqueza y el endemismo regionales son dos de los principales criterios que se toman en cuenta al proponer áreas para la conservación de la diversidad biológica (Myers *et al.* 2000, Orme *et al.* 2005, Pozo *et al.* 2015). Así pues, resulta necesario efectuar inventarios bióticos para reconocer la biodiversidad del estado, particularmente sobre mariposas diurnas, pues son un indicador idóneo del grado de conservación de áreas y aspectos biogeográficos.

Diversidad

En Hidalgo se conocen 435 especies y subespecies (431 identificadas) de mariposas diurnas, pertenecientes a 226 géneros, 23 subfamilias y seis familias (cuadro 1); estas cifras representan 25,8% de la diversidad a nivel nacional. La familia con mayor número de

especies y endemismos es Nymphalidae, con 39% de la riqueza y 15 especies y subespecies endémicas (apéndice 11). Por otra parte, sin considerar la familia Hesperiiidae, Hidalgo ocupa el décimo primer lugar en riqueza de especies de este grupo (Llorente-Bousquets *et al.* 2006, 2013) y el cuarto si se compara con los estados circunvecinos (cuadro 2). Además, tiene 44 especies y subespecies con algún grado de endemismo, lo que representa 10% de los endemismos en el país (448).

Distribución

El número de localidades donde se registra Papilionoidea en Hidalgo (117) sitúan a la entidad en el décimo séptimo lugar a nivel nacional (Luis-Martínez *et al.* 2003). Sin embargo, es importante considerar que 99% de las localidades no presentan un muestreo adecuado, lo cual impide reconocer la distribución geográfica de los Papilionoidea en el estado. Por otra parte, no se tiene ninguna localidad con estudios exhaustivos sobre mariposas que se hayan visitado constantemente a lo largo del siglo XX, y no hay registro en la literatura, ni un número significativo de ejemplares depositados en las más importantes

Cuadro 1. Riqueza de Papilionoidea en Hidalgo.

Familia	Subfamilia	Géneros	Especies y subespecies
Hesperiidae	Eudaminae	13	22 (21 identificadas)
	Pyrginae	19	27
	Heteropterinae	1	4
	Hesperiinae	17	26
Papilionidae	Papilioninae	8	26
Pieridae	Dismorphiinae	3	5
	Coliadinae	11	23
	Pierinae	14	17
Lycaenidae	Theclinae	35	71
	Polyommatinae	8	9
Riodinidae	Euselasiinae	1	2
	Riodininae	16	34 (33 identificadas)
Nymphalidae	Libytheinae	1	1
	Danainae	3	6
	Ithomiinae	9	11
	Charaxinae	7	12
	Morphinae	5	6
	Satyrinae	14	26 (24 identificadas)
	Apaturinae	2	8
	Biblidinae	15	36
	Limenitidinae	2	11
	Nymphalinae	17	50
	Heliconiinae	7	13
Total	23	226	435 (431 identificadas)

Fuente: elaboración propia.

colecciones. Además, los principales recolectores del siglo xx no tienen información para esta entidad. Hasta la fecha, sólo existen tres trabajos faunísticos realizados en el estado (Hoffmann 1936, Bizuet-Flores *et al.* 2001, Pérez-Jarillo 2017), lo que muestra el reducido interés hacia el grupo, pero contrasta con la gran biodiversidad en la entidad.

Importancia

Las mariposas mantienen una relación estrecha con la diversidad y la salud de sus hábitats, debido a la dependencia del estado larvario hacia una planta

huésped específica (o un grupo limitado de especies huésped), además de la función que desempeñan los adultos como polinizadores de plantas (Pozo *et al.* 2015). De este modo, las mariposas cumplen ampliamente con las características recomendadas para que una especie o grupo de especies se considere como bioindicador; además, al ser altamente sensibles a los cambios ambientales, se usan para monitorear variaciones climáticas incluso en etapas muy tempranas de los disturbios del hábitat (Thomas 2005). Sin embargo, este uso no ha sido posible en el estado, debido a la carencia de estudios sobre su riqueza y distribución geográfica.

Situación y estado de conservación

Desde las primeras recolectas en el siglo XIX, hasta las últimas listas estatales y nacionales de Papilionoidea en México, no se demuestra contundentemente la extinción de alguna especie de mariposa diurna. La reciente exclusión de algunas especies reportadas en las primeras listas se debe a que no hay registros confirmados en México, a errores en las etiquetas (que asignan especies incorrectamente para México) o a determinaciones erróneas. No obstante, es evidente que las áreas de distribución de la mayoría de las especies se están reduciendo drásticamente o han desaparecido, como el bosque tropical perennifolio, el cual se estima que cubrió 13% del territorio nacional (Rzedowski 1978) y en la actualidad únicamente ocupa entre 10 y 15% de su superficie original. En este tipo de vegetación se han registrado más de 50% de las especies de papilionoideos de México (Salinas-Gutiérrez 1999). Asimismo, las mariposas diurnas se encuentran amenazadas por el crecimiento desmedido y no planificado de los asentamientos humanos, así como por la destrucción de los ecosistemas originales. Es necesaria una mayor recopilación de datos para describir con mayor precisión el estado de conservación de las poblaciones de este grupo.

La legislación nacional sólo reconoce a dos especies de mariposas bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010); en Hidalgo se registra una de ellas, la mariposa monarca (*Danaus plexippus plexippus*), bajo la categoría sujeta a protección especial (Pr). Se trata de una especie con amplia distribución (Norteamérica, Centroamérica y las Antillas), por lo que no se considera en peligro de extinción (Cano-Santana 1997); sin embargo, no hay políticas claras para su protección en las demarcaciones donde ocurre su migración, que va desde el este de Canadá y regiones de Estados Unidos al centro de México.

Acciones de conservación

A pesar de que en México las mariposas han sido ampliamente estudiadas en relación a aspectos ecológicos, faunísticos y taxonómicos, y se les considera uno de los grupos mejor conocidos del país, los datos aquí presentados para Hidalgo indican

que su conocimiento hasta este momento es incompleto. Por lo anterior, es necesario promover una mejor documentación del grupo en los diferentes tipos de vegetación en la entidad (p.e. bosques montanos y bosques caducifolios o xéricos; INEGI 2017), para determinar sus patrones estacionales, la relación con el clima, y la estructura y composición de las comunidades de mariposas, ya que son un indicador del efecto de la fragmentación, de la reducción de áreas naturales y del cambio de uso del suelo.

El crecimiento de las zonas urbanas ha acentuado cambios en la biodiversidad, ya sea por la pérdida y fragmentación de la vegetación nativa para la construcción de infraestructura urbana, o por el fomento de áreas verdes con especies introducidas, lo que han provocado una mayor abundancia de especies que son beneficiadas por los recursos de estos sitios, como *Leptophobia aripa elodia* y *Pontia protodice*, mariposas de amplia distribución dentro del estado. Por ello, es importante alinear el crecimiento de poblaciones humanas a un plan de desarrollo integral, donde se considere reducir estas afectaciones a los ecosistemas.

Un instrumento de gran valor para la conservación del grupo son las colecciones biológicas, como la del Museo de Zoología en la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual contribuye a incrementar el conocimiento (incluyendo la taxonomía y sistemática tradicionales), la preservación y la difusión de la biota en el país, ya que los ejemplares se pueden revisar y analizar cuantas veces sea necesario, minimizando los costos y maximizando la eficiencia de los esfuerzos de investigación (Luna *et al.* 2011). Los registros en las colecciones biológicas de museos ayudan a los investigadores a contribuir a la ciencia y a la sociedad, por ejemplo, en temas de salud y seguridad pública, a través de la supervisión del cambio ambiental (Suarez y Tsutsui 2004).

Finalmente, las acciones de conservación deben enfocar especial atención a las 44 especies y subespecies endémicas con distribución en el estado; algunas de ellas (como la mariposa ónix de borde rojo, *Melanis pixe pixe*) tienen necesidades microambientales particulares y un ciclo de vida corto, por lo que responden rápidamente a los cambios en el ambiente y son susceptibles a su modificación, así que deberían ser consideradas para su preservación.

Cuadro 2. Riqueza de especies de Papilionoidea en Hidalgo y comparación con los estados colindantes y los más diversos.

Familia	CHIS	OAX	VER	PUE	SLP	HGO	MEX	QRO	TLAX
Papilionidae	42	53	39	34	30	26	19	15	4
Pieridae	67	68	60	49	46	45	34	34	16
Lycaenidae	180	180	184	118	99	80	35	25	7
Riodinidae	149	130	124	65	61	36	13	9	1
Nymphalidae	383	384	331	229	189	169	94	48	25
Total	821	815	738	495	425	356	195	131	53

En estos conteos no se consideró la familia Hesperiidae, puesto que es la menos estudiada en México e Hidalgo, y en muchos casos se carece de datos confiables. El número de especies-subespecies registradas para Hidalgo dentro de Hesperiidae es 79. Estados vecinos: Veracruz (VER), Puebla (PUE), San Luis Potosí (SLP), Estado de México (MEX), Querétaro (QRO) y Tlaxcala (TLAX). Estados más diversos de México: Chiapas (CHIS) y Oaxaca (OAX). Fuente: elaboración propia con base en Llorente-Bousquets *et al.* 2006, 2013.

Conclusiones

Las áreas geográficas más ricas en especies y endemismos son aquellas con gran heterogeneidad fisiográfica, climática y vegetal, en un mosaico de ambientes conservados y moderadamente alterados, como Los Tuxtlas (Veracruz), Chajul (en la Lacandona, Chiapas) y Sierra de Juárez (Oaxaca); cada una con más de un tercio de la diversidad de mariposas de México (Luis-Martínez *et al.* 2000). Hidalgo cuenta con esta variedad de ambientes, por lo que se esperaría un número mayor de especies de mariposas diurnas; a pesar de ello, el estado carece de estudios sistemáticos en zonas desérticas (ambientes que han sido poco estudiados en México), bosques mesófilos y los últimos vestigios de bosque tropical perennifolio de la Huasteca Hidalguense.

La distribución de islas o manchones de los bosques mesófilos favorece la endemidad a nivel

subespecífico y específico en varios grupos de Papilionoidea. Del conjunto de subespecies que se distribuyen en estos ambientes, se conoce que algunas pertenecen a especies mesoamericanas, pero en otras ocasiones están directamente emparentadas con subespecies centro y sudamericanas (Llorente-Bousquets 1984, Halffter 1987). Hidalgo se encuentra dentro de la estructura orográfica-fisiográfica de la Sierra Madre Oriental-Sierra de Juárez (Veracruz-Oaxaca), que funciona como una de estas islas, debido al aislamiento geográfico con otras zonas; mientras que la distribución en manchones de los desiertos y semidesiertos contribuye a la especiación de las mariposas mexicanas. Estas características particulares hacen de la entidad una zona que favorece la diversidad de lepidópteros, por lo que fomentar el estudio sistemático de los Papilionoidea en Hidalgo contribuiría a reconocer una mayor riqueza, con la posibilidad de describir nuevas especies para la ciencia.

Referencias

- Bizuet-Flores, Y., A. Luis-Martínez y J. Llorente-Bousquets. 2001. Mariposas del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, y sus relaciones biogeográficas con cinco zonas aledañas al Valle de México (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista Lepidopterológica* 29(114):145-159.
- Cano-Santana, Z. 1997. Conservación de las monarcas, desprecio por los plebeyos. *Ciencias* 46:46-47.
- De la Maza, R.R. 1987. *Mariposas mexicanas*. FCE, México.
- Godman, F.D. y O. Salvin. 1878-1901. *Biologia Centrali-Americana. Lepidoptera-Rhopalocera*. Dulav & Co, Londres.
- Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Reino Unido.
- Halffter, G. 1987. Biogeography of the Mountain Entomofauna

- of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology* 32:95-114.
- Heppner, J.B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2:1-85.
- _____. 1998. Classification of Lepidoptera. Part 1. Introduction. *Holarctic Lepidoptera* 5:1-148.
- _____. 2002. Mexican Lepidoptera Biodiversity. *Insecta Mundi* 16:171-190.
- Hoffman, C.C. 1936. Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopán, Hgo. I. Algunas observaciones sobre la fauna de lepidópteros en la época seca. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 7(2/3):259-263.
- _____. 1940. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los lepidópteros mexicanos. Primera parte. Papilionoidea. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 11(2):639-739.
- _____. 1941. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los lepidópteros mexicanos. Segunda parte. Hesperioidea. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 12(1):237-294.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017*. INEGI, México.
- Llorente-Bousquets, J. 1984. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia al género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomológica Mexicana* 58:1-206.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández. 2006. Apéndice general de Papilionoidea: lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana, vol. II*. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, pp. 945-1009.
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez et al. 2013. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* suppl. 85: S353-S371.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.L. Gutiérrez. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. En: *Monografías tercer milenio 1*. F. Martín, J.J. Morrone y A. Melic (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 275-285.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets, I. Vargas-Fernández y A.D. Warren. 2003. Biodiversity and biogeography of mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105(1):209-224.
- Luis-Martínez, A., J. Llorente-Bousquets e I. Vargas-Fernández. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas RIBES*. J. Llorente-Bousquets y J.J. Morrone (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 269-294.
- Luna, P.R., B.A. Castañón y A. Raz-Guzmán. 2011. La biodiversidad en México, su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias* 101:36-43.
- Michán, L., J. Llorente-Bousquets, A. Luis-Martínez y D.J. Castro. 2005. Breve historia de la taxonomía de Lepidoptera en México durante el siglo xx. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 29:101-132.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772):853-858.
- Orme, C.D.L., R.G. Davies, M. Burgess et al. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436(7053):1016-1019.
- Pérez-Jarillo, E.B. 2017. *Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) en un gradiente de urbanización en la Zona Metropolitana de Pachuca, Hidalgo, México*. Tesis licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Pozo, C., A. Luis-Martínez, N. Salas-Suárez et al. 2015. Mariposas diurnas: bioindicadoras de eventos actuales e históricos. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. C.A. González Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez Jiménez y A.M. Low Pfeng (eds.). INECC, México, pp. 327-348.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Salinas-Gutiérrez, J.L. 1999. *Análisis de la diversidad de las mariposas en las selvas altas de la vertiente atlántica de México*. Tesis licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Suarez, V.A. y N.D. Tsutsui. 2004. The value of museum collections for research and society. *BioScience* 54(1):66-74.
- Thomas, J.A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1454):339-357.
- Van Nieuwerkerken, E.J., L. Kaila, I.J. Kitching et al. 2011. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. *Zootaxa* 3148:212-221.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Historia de la herpetología en Hidalgo

Jorge Valencia Herverth y Leonardo Fernández Badillo

Introducción

Los anfibios y reptiles son organismos que, debido a su riqueza y número de endemismos, representan un importante patrimonio natural para México. La herpetofauna mexicana fue utilizada desde tiempos prehispánicos por diferentes pueblos originarios (p.e. mexicas y mayas), para quienes tuvo un valor cultural importante, como lo muestran las representaciones en templos y códices que aún hoy pueden ser apreciados (Martín del Campo 1936), y todavía existen numerosas leyendas y mitos alrededor de los anfibios y reptiles¹ (Flores-Villela *et al.* 2004). Hasta mediados del siglo XIX, el conocimiento científico de la herpetología mexicana se desarrolló de manera gradual, inconsistente y raquítica (Flores-Villela 1993), a partir de trabajos de naturalistas y científicos principalmente extranjeros; mientras que la contribución de científicos mexicanos tomó mayor protagonismo y se consolidó en el siglo XX.

Los trabajos que abordan el desarrollo de la herpetología en México se refieren a la historia de esta disciplina en el país (Flores-Villela 1993, Flores-Villela *et al.* 2004), algunas épocas históricas (Casas-Andreu 2008) y a las expediciones de algunos naturalistas (Casas-Andreu 2004, 2005). Sólo dos estudios se enfocan en el análisis histórico de la herpetología

en alguna entidad federativa: Oaxaca (Casas-Andreu 1996) y Guanajuato (Leyte-Manrique *et al.* 2015). Este tipo de estudios permiten analizar el proceso de desarrollo de la disciplina a nivel estatal y recopilar localidades históricas de recolecta, así como identificar a los personajes más relevantes.

Aunque Hidalgo no es uno de los estados con mayor riqueza de anfibios y reptiles en el país, alberga una excepcional diversidad debido a su ubicación geográfica entre cuatro provincias biogeográficas. Un primer esfuerzo para conocer el avance del conocimiento herpetofaunístico de Hidalgo fue realizado por Marmolejo-Santillán (1995), quien recopiló las referencias bibliográficas existentes para el estado; desde entonces, no se ha vuelto a realizar un esfuerzo por reunir toda la información herpetológica de la entidad. En este capítulo se presenta una compilación de los trabajos herpetofaunísticos para Hidalgo, con el fin de analizar el avance de la investigación herpetológica en la entidad, y conocer el año y el periodo en el que se registra el mayor número de especies, así como los autores que más han contribuido a la información herpetológica del estado.

Para lograr lo anterior, se realizó una revisión exhaustiva de la información publicada respecto a los anfibios y reptiles de Hidalgo, de 1834 a diciembre de 2017. Esta información se compiló a partir de

¹ El término común *reptiles* hace referencia a los miembros no voladores de la clase Sauropsida (cocodrilos, tortugas, tuataras y escamados), la cual incluye a dinosaurios y aves.

búsqueda de literatura especializada en diferentes páginas electrónicas,² considerando publicaciones científicas (artículos, notas cortas, capítulos de libro) y algunas tesis. La información se organizó en una base de datos que contiene: autor, coautores, año, referencia bibliográfica, temática, grupo de estudio (anfibios o reptiles), tipo de publicación y nombre de la revista o editorial (apéndice 12). Esta información se clasificó en tres épocas históricas de acuerdo con el trabajo de Flores-Villela (1993): 1) época prehispánica y colonial; 2) época de las grandes expediciones; y 3) época moderna.

Época prehispánica y colonial (1521-1810)

El conocimiento de la herpetología en Hidalgo se remonta a comienzos del siglo xvi, cuando el promédico español Francisco Hernández condujo la primera expedición naturalista en México de 1570 a 1577 (Somolinos-D'Ardois 1960), donde recopiló información sobre las especies de vertebrados (entre ellos anfibios y reptiles) de varias partes de país que los locales distinguían (Flores-Villela *et al.* 2004). En Hidalgo, esta expedición tuvo lugar en el Valle de México (Tizayuca), la Sierra de Pachuca (Atotonilco y Huasca) y la Huasteca (Huejutla de Reyes; Somolinos-D'Ardois 1960).

Época de las grandes expediciones (1834-1950)

Las primeras expediciones herpetológicas formales se realizaron en 1885 por el norteamericano Edward Drinker Cope y el francés Santiago Bernad en el municipio Zacualtipán de Ángeles (Cope 1885), donde documentaron la presencia de tres anfibios y nueve escamados (apéndice 13). Por otro lado, Ferrari-Pérez (1886) registró al ajolote *Ambystoma tigrinum* (*Ambystoma velasci*) en el municipio Huasca de Ocampo. En 1887, se publicó el *Catalogue of Batrachians and Reptiles of Central America and Mexico* (Cope 1887), en el cual se registraron 23 especies

para Hidalgo, seis de las cuales no habían sido registradas previamente (apéndice 13). Para 1896, Alfredo Dugés publicó el trabajo *Reptiles y Batracios de los Estados Unidos Mexicanos*, donde registró la presencia en Hidalgo de *Laemanctus serratus*, en el municipio Zacualtipán de Ángeles.

Por otra parte, Edward W. Nelson y Edward A. Goldman llevaron a cabo varias expediciones en el territorio mexicano entre 1892 y 1906, para estudiar principalmente aves y mamíferos, aunque también recolectaron plantas, anfibios y reptiles. Sin embargo, no consideraron estos ejemplares en el trabajo publicado por Goldman en 1951 (Lemos-Espinal y Dixon 2016) y únicamente mencionaron algunas localidades visitadas.³ En 1902, se publicó una recopilación de las especies registradas en México (sin incluir la península de Baja California) titulada *Biología Centrali-Americana*, donde se documentan cuatro anfibios y diez reptiles, todas con la localidad de referencia Zacualtipán (apéndice 13; Günther 1885-1902).

Desde inicios del siglo xx y hasta 1930 no se encontraron publicaciones, pero a partir de 1931 y hasta 1950 se documentaron 43, entre las que destacan las obras del mexicano Martín del Campo (1935, 1936, 1937, 1938) y los trabajos de Smith y Taylor (1945, 1948, 1950a, b), que siguen siendo de los más sobresalientes. En estos últimos, Smith y Taylor registraron un total de 23 anfibios y 45 reptiles, que equivalen a 43.3% de los anfibios y a 34.6% de los reptiles conocidos hasta ahora para Hidalgo: 53 especies de anfibios (Goyenechea *et al.* 2017) y 130 de reptiles (Manríquez-Morán *et al.* 2017).

Época moderna (1951 a la fecha)

En el contexto nacional de la historia de la herpetología, se considera que la época moderna inició en 1951; sin embargo, esto no fue igual en todos los estados. Lemos-Espinal y Dixon (2016) enlistan 13 artículos publicados entre 1935 hasta 1990, y 36 en el periodo de 1991 al 2009. Sin embargo, la revisión aquí realizada incluye 89 trabajos desde 1935 hasta

² Páginas electrónicas consultadas: Biodiversity Heritage Library, Biostor, Google Scholar, ISI Web of Knowledge, JSTOR, Redalyc, Research Gate, Science Direct, Scielo y Scopus.

³ Localidades visitadas en Hidalgo por Nelson y Goldman entre 1892 y 1906: El Marqués, Encarnación, Irolo, Ixmiquilpan, Pachuca, Parque Nacional El Chico, San Agustín, Tula, Tulancingo y Zimapán.

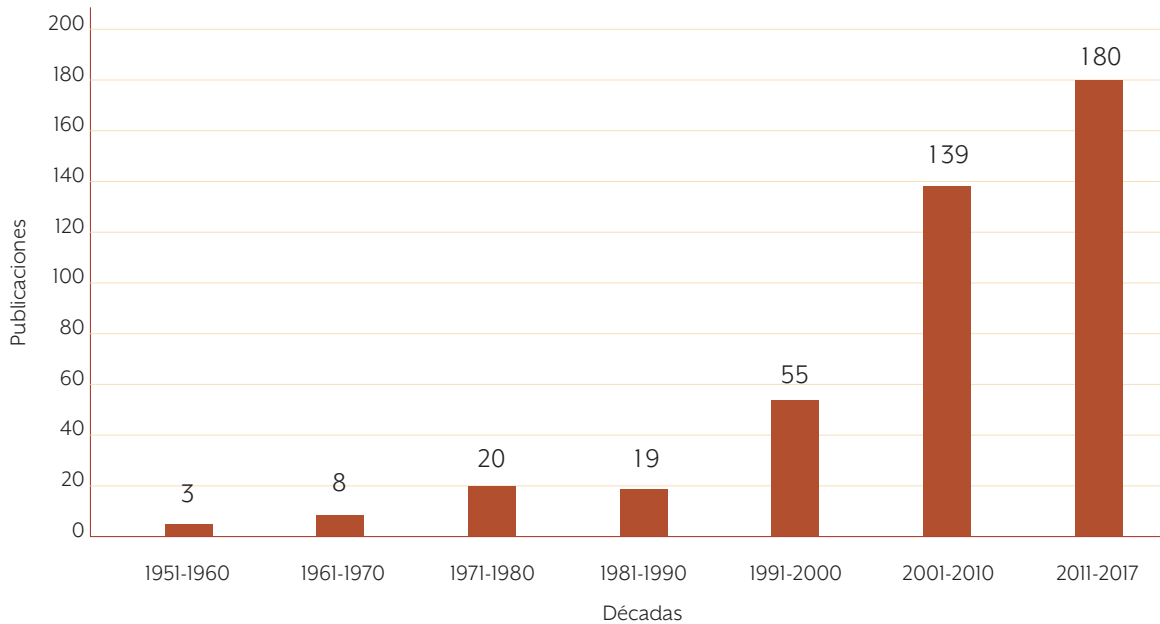


Figura 1. Trabajos publicados en Hidalgo de 1951 a 2017. Fuente: elaboración propia.

1990, 167 trabajos de 1991 al 2009, y 207 de 2010 al 2017, lo que demuestra el avance reciente que ha tenido la investigación herpetológica en Hidalgo.

Al analizar la información por décadas a partir de 1950, se puede apreciar que en los años de 1951 hasta 1970 únicamente se cuenta con 11 publicaciones de investigadores extranjeros (apéndice 12), con lo cual termina una etapa importante del conocimiento herpetológico en esta entidad. Tuvieron que pasar 21 años para que se desarrollaran las primeras investigaciones por mexicanos en Hidalgo, con los estudios realizados por Aguilar (1971), Álvarez y Huerta (1973) y Gutiérrez (1974). A partir de este momento, aunque existen contribuciones de extranjeros, la participación de los mexicanos se incrementó considerablemente.

También se observa que antes del siglo XXI la mayor cantidad de trabajos se realizó en la década de los noventa (55 trabajos), con un incremento significativo a partir del año 2000, de tal forma que para el periodo de 2001 a 2010 se registraron 139 estudios, y de 2011 a 2017 180 trabajos (figura 1), donde destaca el año 2016 con la mayor cantidad de contribuciones registradas (39).

El incremento en la investigación herpetológica a partir de la década de los noventa coincide con el valioso aporte de Fernando Mendoza-Quijano,

quién durante 18 años (1990-2008) llevó a cabo una intensa investigación en la entidad. Esto le permitió la descripción de una nueva especie de serpiente (*Ficimia hardyi*) a partir de ejemplares recolectados al norte del estado (Mendoza-Quijano y Smith 1993) y la publicación (como autor o coautor) de los primeros registros de 46 especies (12 anfibios y 34 reptiles) para la entidad, lo que representa 25.1% de la herpetofauna registrada para el estado. Lo anterior ubica a Fernando Mendoza-Quijano como uno de los investigadores más importantes en la herpetología de Hidalgo.

Es importante mencionar que Hidalgo cuenta con la Colección Herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Esta colección se inició a finales de la década de los ochenta, a partir de un proyecto de Yolanda Marmolejo; sin embargo, al terminar este proyecto fue abandonada (Goyenechea 2007). Fue hasta 1999 cuando la colección fue retomada, gracias a la llegada de Irene Goyenechea al Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH; a partir de entonces se ha continuado con el trabajo de recolecta de organismos e investigación de la herpetofauna hidalguense.

A finales de 2002, Aurelio Ramírez Bautista se integró al centro antes referido, y a partir de entonces,

Cuadro 1. Localidades tipo para anfibios en Hidalgo.

Orden	Nombre científico	Autor	Localidad tipo	Municipio
Anura	<i>Craugastor decoratus</i>	Taylor 1942a	6.4 km al norte de Tianguistengo	Zacualtipán de Ángeles
	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	Cope 1885	12.8 km al sur de Jacala	Jacala de Ledezma
	<i>Rana spectabilis</i>	Hillis y Frost 1985	La Estanzuela	Mineral del Chico
	<i>Sarcohylla robertsorum</i>	Taylor 1940	Parque Nacional El Chico	Mineral del Chico
Caudata	<i>Chiropterotriton arboreus</i>	Taylor 1941	Cerca de Tianguistengo	Tianguistengo
	<i>C. chico</i>	García-Castillo <i>et al.</i> 2017	Parque Nacional El Chico	Mineral del Chico
	<i>C. chondrostega</i>	Taylor 1941	Durango	Zimapán
	<i>C. dimidiatus</i>	Taylor 1940	Guerrero, cerca de Mineral del Monte	Mineral del Monte
	<i>C. mosaueri</i>	Woodall 1941	Durango	Zimapán
	<i>C. terrestris</i>	Taylor 1941	9.6 km al sur de Tianguistengo	Zacualtipán de Ángeles

Fuente: elaboración propia.

ha contribuido de forma excepcional al avance de la investigación herpetológica de la entidad. Lo anterior se ve reflejado en las numerosas publicaciones sobre el tema por parte del investigador y su grupo de colaboradores, las cuales hasta 2017 sumaban aproximadamente 88, por lo que es el investigador que más aportaciones ha realizado al campo de la herpetología del estado. Finalmente, cabe destacar que a la fecha se tiene registro de un total de 45 tesis de licenciatura, 12 de maestría y tres de doctorado. Aunado a ello, existen algunos trabajos de divulgación acerca del conocimiento herpetológico de Hidalgo, que incluyen libros (Fernández-Badillo *et al.* 2011, Antelis-Barrera y Goyenechea 2012, Fernández-Badillo *et al.* 2017), carteles, y fichas herpetológicas dirigidas a la sociedad en general, para fomentar el conocimiento y conservación de distintas especies.

Registro de especies

La información analizada para Hidalgo muestra que un total de 20 especies de anfibios y reptiles (10

anfibios y 10 reptiles) tienen su localidad tipo⁴ en esta entidad (cuadros 1 y 2). En cuanto al registro de especies por año, destacan dos eventos importantes para los anfibios, donde se registran más de ocho especies en un año, y cuatro eventos para los reptiles (figura 2). Para la herpetofauna en general, se observan siete momentos importantes en la historia de la herpetología en Hidalgo, en los que se documentaron más de ocho especies como primeros registros para el estado (figura 2), organizados cronológicamente de la siguiente manera: el año 1855 con 13 especies a partir de la contribución de Cope (1885); 1936 y 1937 con 10 y 8 especies respectivamente (Martín del Campo 1936, 1937); 1945 y 1948 con 13 y 10 especies registradas en los trabajos de Smith y Taylor (1945, 1948); 1993 con nueve especies, ocho de ellas mencionadas en el trabajo de Camarillo-Rangel (1993); 2004 con 26 especies, 22 de ellas listadas en el estudio de Canseco-Márquez *et al.* (2004); en 2009 se registran 12 especies en la tesis de Hernández-Salinas (2009), publicadas formalmente en el trabajo de Ramírez-Bautista *et al.* (2010); y nueve especies en 2015, siete de ellas registradas

⁴ Localidad tipo: hace referencia al sitio de donde proviene el primer ejemplar recolectado con el que se describe una nueva especie.

Cuadro 2. Localidades tipo para reptiles en Hidalgo.

Orden	Nombre científico	Autor	Localidad tipo	Municipio
Squamata	<i>Abronia taeniata</i>	Weigmann 1834	El Chico	Mineral del Chico
	<i>Anolis naufragus</i>	Campbell <i>et al.</i> 1989	10.1 km al noreste de Tlanchinol	Tlanchinol
	<i>Ficimia hardyi</i>	Mendoza-Quijano y Smith 1993	3.8 km al noroeste de Zoquizoquipan (~ 10 km al oeste de Zacualtipán)	San Agustín Metzquititlán
	<i>Geophis mutitorques</i>	Cope 1885	Tierra alta sobre Zacualtipán	Zacualtipán de Ángeles
	<i>Lepidophyma gaigeae</i>	Mosauer 1936	Durango	Zimapan
	<i>L. sylvaticum</i>	Taylor 1939	11.2 km al norte de Zacualtipán	Tiangustengo o Xochicoatlan
	<i>Plestiodon lynxe</i>	Weigmann 1834	muy probable El Chico, cerca de Pachuca	Mineral del Chico
	<i>Scincella forbesora</i>	Taylor 1937	La Placita, 12.8 km al Sur de Jacala	Jacala de Ledezma
	<i>Storeria hidalgoensis</i>	Taylor 1942b	Cerca de Zacualtipán	Zacualtipán de Ángeles
	<i>Xenosaurus tzacualtipantecus</i>	Woolrich y Smith 2012	La Mojenera 7.5 km al sur-suroeste de Zacualtipán	Zacualtipán de Ángeles

Fuente: elaboración propia.

en el trabajo de Lemos-Espinal y Smith (2015). En este sentido, los trabajos con el mayor número de nuevos registros para el estado, tanto para anfibios como para reptiles, son los de Smith y Taylor (1945, 1948) y Canseco-Márquez *et al.* 2004 (figura 3). El resto de las especies se ha registrado de forma individual en 10 trabajos para el caso de los anfibios y en 57 trabajos para los reptiles.

Conocimiento actual

Al analizar todos los estudios considerados en este trabajo (476, apéndice 12), se observa un sesgo en cuanto al grupo de estudio (figura 4), ya que la mayoría tratan sobre aspectos relacionados con los reptiles (301 trabajos), 90 trabajos acerca de herpetofauna, y únicamente existen 85 publicaciones para anfibios. Lo anterior pudiera deberse a que en Hidalgo existe una mayor riqueza de reptiles que de anfibios; sin embargo, el sesgo es muy notorio, por

lo que es necesario incrementar las investigaciones sobre anfibios, pues se trata del grupo de vertebrados terrestres más amenazado a nivel mundial, con 40% de sus especies en peligro de extinción (Bishop *et al.* 2012). Del total de estudios revisados, 326 tratan aspectos específicamente la herpetofauna de Hidalgo; el resto, aunque no son estrictamente de la entidad, mencionan información de estos vertebrados referente al estado.

En los últimos años se ha llevado a cabo un importante esfuerzo por distintos grupos de investigación para conocer la herpetofauna de la entidad. Este esfuerzo se encuentra plasmado en estudios como el de Ramírez-Bautista y colaboradores (2014), producto de 15 años de trabajo de campo; los estudios de Goyenechea y colaboradores (2017), y Manríquez-Morán y colaboradores (2017), realizados con un trabajo de campo de nueve años (2004 al 2013) bajo el financiamiento del proyecto FOMIX-CONACYT-191908, al igual que el estudio de Fernández-Badillo

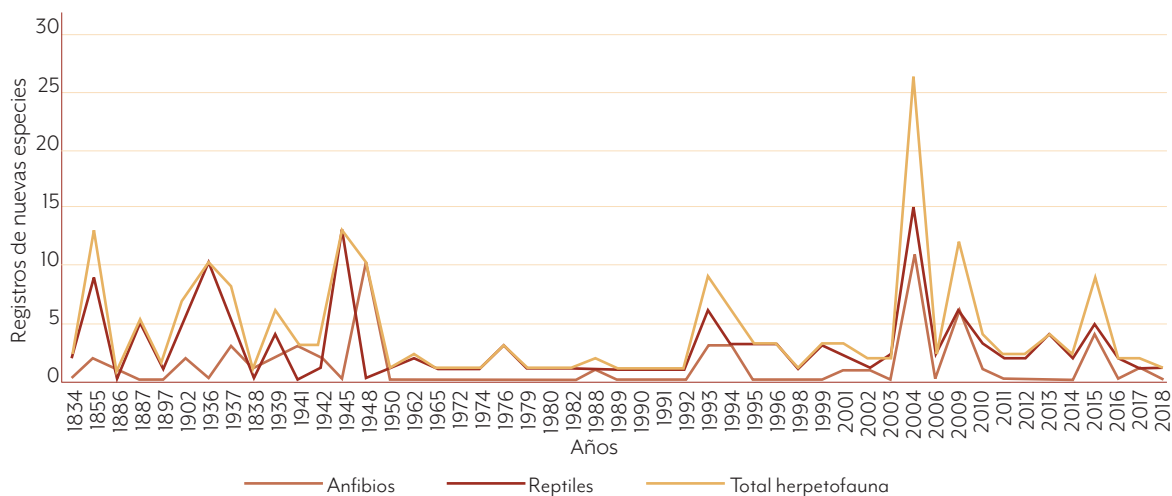


Figura 2. Registro cronológico de las especies de anfibios y reptiles en el estado. Fuente: elaboración propia.

et al. (2017), que reúne información de seis años de trabajo tanto de campo (2010-2016), como de los resultados del proyecto FOMIX-CONACYT-191908.

Otros ejemplos son los estudios de Lemos-Espinal y Smith (2015) y Lemos-Espinal y Dixon (2016), producto del trabajo de campo de 12 años (2002-2014) en distintos municipios de la Sierra Alta de Hidalgo (Molango de Escamilla, San Agustín Metzquitlán, Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles) así como de revisiones bibliográficas y bases de datos. Todos estos esfuerzos han permitido que la información actual sobre la herpetofauna del estado sea significativa, no sólo en términos de la riqueza de especies, sino también en diversos aspectos ecológicos y biogeográficos, a tal grado que la herpetofauna de Hidalgo es actualmente una de las más ampliamente conocidas (Ramírez-Bautista *et al.* 2010, 2014).

Identificación de vacíos de información

Pese a los avances en el conocimiento de la herpetofauna estatal, a nivel municipal únicamente se cuenta con inventarios de especies (en algunos casos parciales o para ciertas localidades) para 22 de

los 84 municipios que posee el estado (cuadro 3); otros cuentan con registros aislados no publicados⁵ o registros publicados en diversos trabajos (p.e. Ramírez-Bautista *et al.* 2010, 2014, Lemos-Espinal y Dixon 2016, Fernández-Badillo *et al.* 2017); y en otros no se cuenta con información sobre su herpetofauna, entre ellos, Tlahuelilpan.

Es importante destacar que existe un sesgo en cuanto a las zonas y tipos de vegetación que han sido estudiados (Manríquez-Morán *et al.* 2017), donde se presentan diferencias muy marcadas en la riqueza y distribución de las especies. Por ello, se sugiere evaluar las condiciones de los hábitats que utilizan las especies e incrementar los trabajos en las zonas poco conocidas y con alta riqueza de especies, como el bosque mesófilo de montaña (Manríquez-Morán *et al.* 2017), la Huasteca Hidalguense o la porción de la Sierra Gorda en Hidalgo. Aunado a lo anterior, Manríquez-Morán y colaboradores (2017) señalan que se conoce poco sobre la variabilidad genética de las especies, y su vulnerabilidad en caso de perderla. Además, aunque se tiene bien confirmada la presencia de muchas especies en Hidalgo, existe muy poca información sobre su distribución⁶ y, para otras, resulta dudosa su presencia en el estado, como es el caso del cocodrilo *Crocodylus*

⁵ Registros de especies depositados en la colección herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH.

⁶ Anuros: *Anaxyrus punctatus*, *Sarcohyla bistincta*, *Scinax staufferi*. Caudados: *Chiropterotriton arboreus*, *C. magnipes*, *Notophthalmus meridionalis*. Escamados: *Anelytropsis papillosus*, *Coluber constrictor*, *Chersodromus rubriventris*, *Corytophanes hernandesii*, *Ficimia olivacea*, *Lampropeltis mexicana*, *Xenosaurus mendozai*.

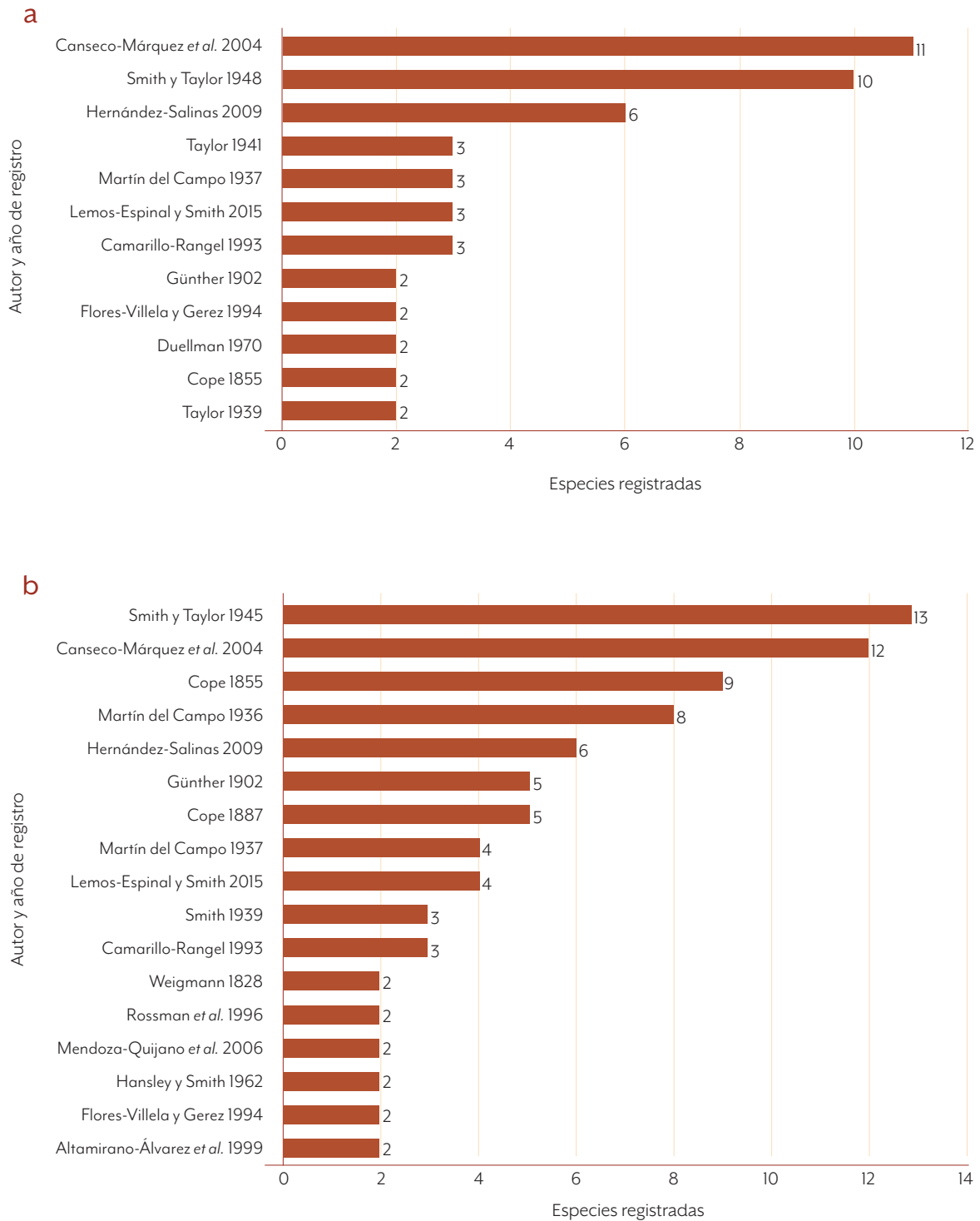


Figura 3. Relación de los estudios con primeros registros (dos especies o más) para Hidalgo: a) anfibios y b) reptiles. Fuente: elaboración propia.

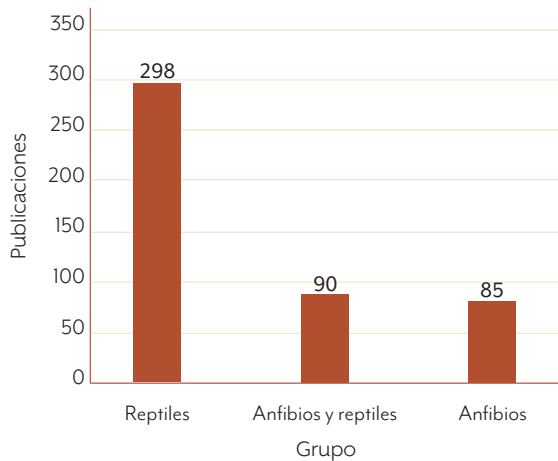


Figura 4. Estudios publicados por grupo. Fuente: elaboración propia.

moreletti, cuya presencia se determinó a partir del cráneo de un ejemplar cazado en 1988 (Mejenes-López y Hernández-Bautista 2013), pero hasta la fecha no se conoce ninguna población nativa.

Otro vacío importante de información se presenta en las especies endémicas al estado como las salamandras *Chiropterotriton arboreus*, *C. chico*, *C. dimidiatus*, *C. mosaueri*, y la lagartija *Scincella forbesora*, pues no se cuenta con estudios sobre su historia natural, y se desconoce el estado actual de sus poblaciones. Esta situación se presenta también para especies con distribución restringida y con poblaciones en Hidalgo, como las ranas *Sarcohyla charadricola* y *S. robertorum*, tres especies de lagartijas xenosauros (*Xenosaurus mendozai*, *X. newmanorum*, *X. tzacualtipantecus*) y serpientes como *Chersodromus rubriventris*, *Geophis turbidus*, *Ficimia hardyi*, *Lampropeltis mexicana*, *Rhadinaea marcellae* y *R. quinquelineata*, entre otras.

Aunado a lo anterior, existe un acceso limitado a literatura especializada, que además se encuentra dispersa, lo cual ha propiciado que en ocasiones se omitan detalles acerca de la distribución de las especies o no se mencionen todas las referencias existentes. Sólo por citar un ejemplo particular, en los trabajos más recientes sobre la herpetofauna de Hidalgo (Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Lemos-Espinal y Dixon 2016), se omiten varias localidades en la distribución de la iguana *Ctenosaura acanthura* (figura 5), las cuales fueron publicadas por Mendoza-Quijano

y colaboradores (2002) en una revista de Austria. Estas omisiones provocan confusiones en la distribución de las especies, por lo que se considera fundamental hacer revisiones lo más detalladas posible.

Aunque Hidalgo cuenta con áreas naturales protegidas y se han realizado investigaciones en las que se sugieren áreas prioritarias para su conservación (Fernández-Badillo *et al.* 2016a, Montiel-Canales *et al.* 2016), no se ha logrado implementar ninguna estrategia de conservación específica para la herpetofauna. En cuanto a otros esquemas de conservación, únicamente se cuenta con dos unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) para el aprovechamiento legal de serpientes de cascabel, y existe un predio que maneja vida silvestre fuera de su hábitat natural (PIMVS, X-Plora Reptilia), cuyos objetivos principales son la exhibición, protección, reproducción, investigación y conservación de varias especies, principalmente serpientes tanto de Hidalgo como de México.

Conclusiones y recomendaciones

Hidalgo es un estado con una intensa investigación científica al respecto de su herpetofauna; sin embargo, es necesario que el conocimiento científico generado hasta la fecha sirva de base para el desarrollo e implementación de estrategias de conservación, y que las investigaciones futuras estén encaminadas en el mismo sentido, incluyendo la difusión de este conocimiento para el público no especializado.

Adicionalmente, es necesario poner especial atención a las especies endémicas del estado y con distribución restringida, así como a los grupos vulnerables a la contaminación o enfermedades (anfibios), o por la persecución humana (serpientes). Asimismo, se requiere conservar los hábitats de estas especies, trabajar de forma conjunta con pobladores, instituciones gubernamentales, no gubernamentales y educativas, en el desarrollo de estrategias de conservación e impulsar proyectos (UMA o PIMVS) que permitan el uso y aprovechamiento sustentable de la herpetofauna, para contribuir no sólo al conocimiento científico de este grupo, sino también al desarrollo económico de la sociedad hidalguense.

Cuadro 3. Relación de municipios que cuentan con inventarios herpetofaunísticos.

Número	Municipio	Referencia
1, 2	Acaxochitlán y Cuatepec de Hinojosa	Cruz-Elizalde 2010, Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012, Ramírez-Bautista y Cruz-Elizalde 2013
3	Atotonilco el Grande	Fernández-Badillo <i>et al.</i> 2016b
4	Huehuetla	Berriozabal-Islas 2011, Cruz-Elizalde <i>et al.</i> 2016
5	Ixmiquilpan	Fernández-Badillo 2008, Fernández-Badillo y Goyenechea 2010
6	Jacala de Ledezma	Reaño-Hernández 2016
7	Metztitlán	Mendoza-Quijano 1990, Hernández-Pérez 1997
8	Molango de Ecamilia	Mendoza-Quijano <i>et al.</i> 2006, Juárez-Escamilla 2015
9	Nopala de Villagrán	Roth-Monzón 2010
10	Pachuca de Soto	Magno-Benítez 2013
11	Pisaflores	Lara-Tufiño 2014
12	San Bartolo Tutotepec	Flores-Guzmán 2010, Ramírez-Bautista y Cruz-Elizalde 2013
13	San Felipe Orizatlán	Véase <i>Herpetofauna en ambientes antropizados del municipio San Felipe Orizatlán</i> en esta obra
14	Tasquillo	Morales-Capellán 2010
15	Tecozautla	López-Mejía 2011
16	Tenango de Doria	Mendoza-Quijano <i>et al.</i> 2006
17	Tepehuacán de Guerrero	Mendoza-Quijano <i>et al.</i> 2006, Badillo-Saldaña 2013, Badillo-Saldaña <i>et al.</i> 2015, 2016
18	Tepeji del Río de Ocampo	Gómez-Mendoza 2007
19	Tlanchinol	Mendoza-Quijano <i>et al.</i> 2006
20	Zacualtipán de Ángeles	Cope 1885, Günther 1885-1902, Mendoza-Quijano 1990, González-Solís 2011
21	Zapotlán de Juárez	Pineda-Meléndez 2008
22	Zimapan	Huitzil-Mendoza 2008, Huitzil-Mendoza y Goyenechea 2011

Fuente: elaboración propia.

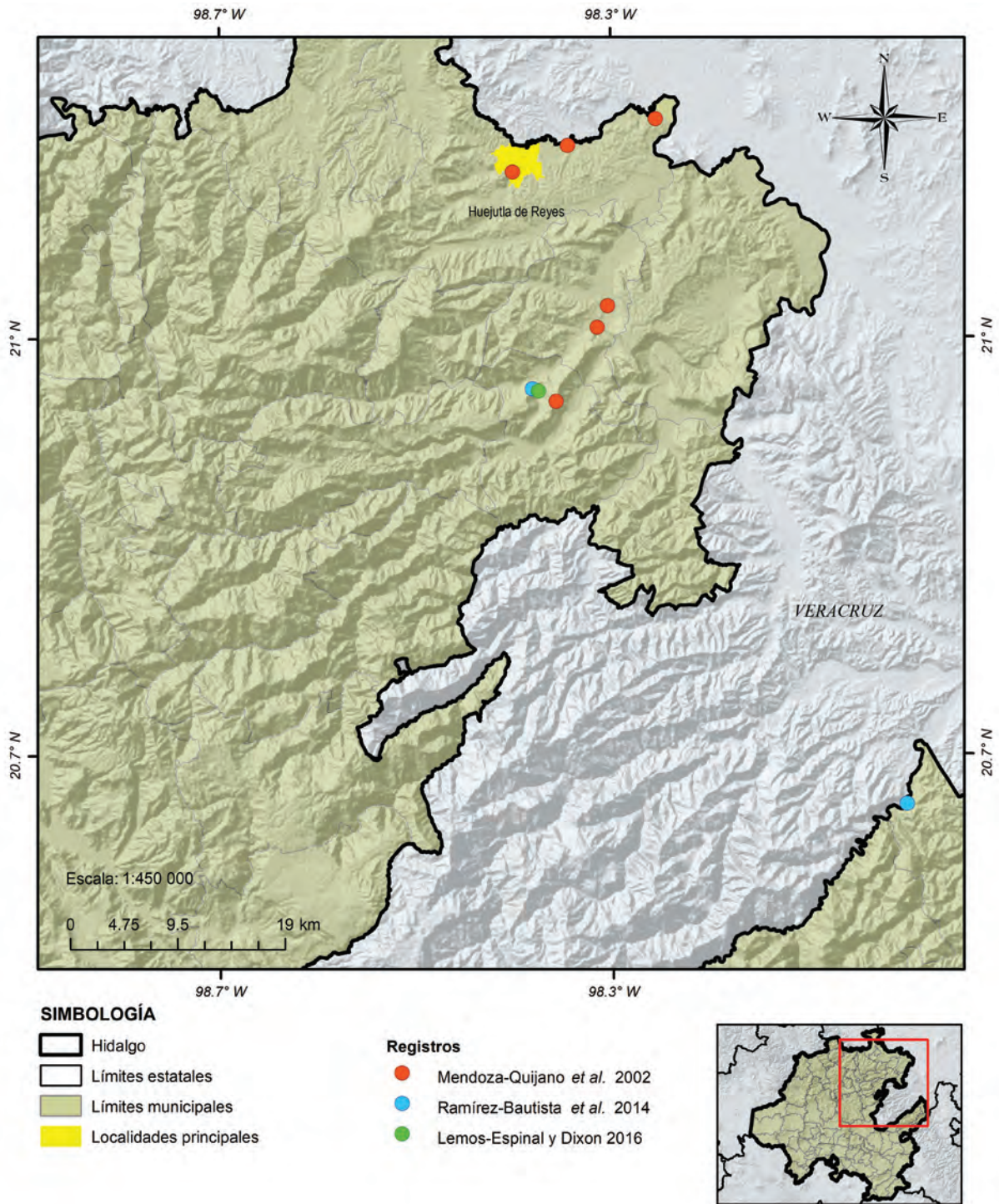


Figura 5. Distribución de *Ctenosaura acanthura* en Hidalgo. Fuente: elaboración propia con información de Mendoza-Quijano et al. 2002, Ramírez-Bautista et al. 2014, Lemos-Espinal y Dixon 2016.

Agradecimientos

Los autores agradecen el tiempo y disposición de Oscar Flores Villela para revisar la primer versión del manuscrito, y por brindar sus comentarios y obser-

vaciones al respecto, los cuales enriquecieron esta contribución. Asimismo, se agradece a Consuelo Cuevas Cardona por la revisión de la primera versión del trabajo y por alentarnos a culminarlo.

Referencias

- Aguilar, O.V. 1971. *Anfibios y reptiles existentes en la colección del Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México*. Tesis de licenciatura. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Álvarez, T. y P. Huerta. 1973. Notas sobre *Sceloporus mucronatus* (Reptilia: Iguanidae) en México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 20(1-4):177-185.
- Antelis-Barrera, F.M. e I. Goyenechea. 2012. *Bichos de Pachuca, descripción de invertebrados y pequeños vertebrados de la ciudad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Badillo-Saldaña, L.M. 2013. *Análisis de la herpetofauna en zonas conservadas y perturbadas de bosque tropical y bosque mesófilo en Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Badillo-Saldaña, L.M., A. Ramírez-Bautista, D. Lara-Tufiño y C. Berriozabal-Islas. 2015. Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 29(2):131-139.
- Badillo-Saldaña, L.M., A. Ramírez-Bautista y L.D. Wilson. 2016. Effects of establishment of grazing areas on diversity of amphibian communities in tropical evergreen forests and mountain cloud forests of the Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(1):133-139.
- Berriozabal-Islas, C. 2011. *Riqueza y diversidad herpetofaunística del bosque tropical, cafetales y potreros del municipio de Huehuetla, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Bishop, P.J., A. Angulo, J.P. Lewis *et al.* 2012. The amphibian extinction crisis-what will it take to put the action into the amphibian conservation action plan? *Sapiens* 5(2):97-111.
- Camarillo-Rangel, J.L. 1993. Algunos aspectos biogeográficos de los anfibios y reptiles de la zona xerófila de Hidalgo. En: *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México*. M.A. Villavicencio, Y. Marmolejo y B.E. Pérez (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 415-432.
- Campbell, J.A., D.M. Hillis y W.W. Lamar. 1989. A new lizard of the genus *Norops* (Sauria: Iguanidae) from the cloud forest of Hidalgo, México. *Herpetologica* 45(2):232-242.
- Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. En: *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO, México, pp. 417-437.
- Casas-Andreu, G. 1996. Notas para la historia de los estudios herpetofaunísticos en el estado de Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 7:21-26.
- _____. 2004. Nuevas interpretaciones y adiciones a los anfibios y reptiles en la obra del naturalista Francisco Hernández (1517-1584). *Ciencia Ergo Sum* 11(3):308-312.
- _____. 2005. Anfibios y otros animales de la Expedición Malaspina (1789-1794) en Nueva España, un capítulo inédito de la Zoología Mexicana. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 2(1):246-250.
- _____. 2008. Contribuciones al estudio de los anfibios y reptiles de México durante el siglo XVIII y la ilustración. *Ciencia Ergo Sum* 15(1):101-107.
- Cope, E.D. 1885. A contribution to the herpetology of Mexico. *Proceedings of the American Philosophical Society* 22:379-404.
- _____. 1887. Catalogue of batrachians and reptiles of Central America and Mexico. *Bulletin - United States National Museum* 32:1-98.
- Cruz-Elizalde, R. 2010. *Análisis herpetofaunístico por tipos de vegetación en los municipios de Acaxochitlán y Cuauhtepc de Hinojosa, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Cruz-Elizalde, R. y A. Ramírez-Bautista. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(2):458-467.
- Cruz-Elizalde, R., C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas *et al.* 2016. Amphibian species richness and diversity in a modified tropical environment of central Mexico. *Tropical Ecology* 57(3):407-417.
- Dugés, A. 1896. Reptiles y batracios de los Estados Unidos Mexicanos. *La Naturaleza segunda serie* 2:479-485.
- Fernández-Badillo, L. 2008. *Anfibios y Reptiles del Alto Mezquital, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- Fernández-Badillo, L. e I. Goyenechea. 2010. Anfibios y reptiles

- del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3):705-712.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán e I. Goyenechea. 2011. *Serpientes venenosas del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., N.L. Manríquez-Morán, J.M. Castillo-Cerón e I. Goyenechea. 2016a. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(1):156-170.
- Fernández-Badillo, L., D.R. Aguillón-Ramírez, S.Y. Valdez-Rentería et al. 2016b. First records for amphibians and reptiles from the municipality of Atotonilco el Grande, Hidalgo, México. *Herpetological Review* 47(1):91-93.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C.R. Olvera-Olvera et al. 2017. *Guía de las serpientes del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado Hidalgo, México.
- Ferrari-Perez, F. 1886. Catalogue of animals collected by the Geographical and Exploring Commission of the Republic of Mexico. *Proceedings of the United States National Museum* 9(559):125-199.
- Flores-Guzmán, A. 2010. *Herpetofauna del bosque tropical perennifolio de la localidad de Buenavista, municipio de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Flores-Villela, O. 1993. Breve historia de la herpetología en México. *Elementos* 3(18):11-21.
- Flores-Villela, O., H.M. Smith y D. Chizar. 2004. The history of herpetological exploration in Mexico. *Bonner Zoologische Beiträge* 52(3-4):311-335.
- García-Castillo, M.G., S.M. Rovito, D.B. Wake y G. Parra-Olea. 2017. A new terrestrial species of *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from central Mexico. *Zootaxa* 4363(4):489-505.
- Gómez-Mendoza, J. 2007. *Contribución al conocimiento de la herpetofauna del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- González-Solís, O.I. 2011. *Comparación de dos localidades perturbadas del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Goyenechea, I. 2007. Colección herpetológica. En: *Colecciones del Centro de Investigaciones Biológicas*. J.M. Castillo-Cerón y J. Márquez-Luna (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 53-61.
- Goyenechea, I., J.M. Castillo-Cerón, N.L. Manríquez-Morán et al. 2017. Diversidad de anfibios del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y M.C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 487-504.
- Günther, A.C.L.G. 1885-1902. *Biología Centrali-Americana: Reptilia and Batrachia*. Porter, Londres.
- Gutiérrez, N.J. 1974. *Reconocimiento de la fauna herpetológica del Parque Nacional "El Chico" Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Hernández-Pérez, E. 1997. *La herpetofauna de Metztlán, Hidalgo, México. Problemática e importancia*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- Hernández-Salinas, U. 2009. *Estudio herpetofaunístico del estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría en biodiversidad y conservación. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEH, México.
- Hillis, D.M. y J.S. Frost. 1985. Three new species of leopard frogs (*Rana pipiens* complex) from the Mexican Plateau. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 117:1-14.
- Huitzil-Mendoza, J.C. 2008. *Herpetofauna de dos localidades en el municipio de Zimapán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Huitzil-Mendoza, J.C. e I. Goyenechea. 2011. Primeros registros herpetozoos en Zimapán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(2):717-720.
- Juárez-Escamilla, J.D. 2015. *Diversidad de anfibios y reptiles en bosque y potreros del municipio de Molango de Escamilla, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Lara-Tuñiño, J.D. 2014. *Diversidad de anfibios y reptiles en áreas de bosques primarios, agroecosistemas y potreros de Pisaflores, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Lemos-Espinal, J.A. y G. Smith. 2015. Amphibians and reptiles of the state of Hidalgo, Mexico. *Check List* 11(3):1642.
- Lemos-Espinal, J.A. y J.R. Dixon. 2016. *Anfibios y reptiles de Hidalgo, México*. CONABIO, México.
- Leyte-Manrique, A., E.M. Hernández-Navarro y L.A. Escobedo-Morales. 2015. Herpetofauna de Guanajuato: Un análisis histórico y contemporáneo de su conocimiento. *Revista Mexicana de Herpetología* 1(1):1-14.
- López-Mejía, A. 2011. *Herpetofauna de la localidad de la Paila, municipio de Tecozautla, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Magno-Benitez, I. 2013. *Comparación de la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en dos localidades con diferente grado de urbanización en la periferia de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.

- Manríquez-Morán, N.L., J.M. Castillo-Cerón, I. Goyenechea *et al.* 2017. Riqueza y diversidad de saurópsidos (no aves) del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del Estado de Hidalgo. Tomo II*. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y M.C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 536-562.
- Marmolejo-Santillán, Y. 1995. *Literatura básica sobre anfibios, reptiles, aves y mamíferos del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Martín del Campo, R. 1935. Notas acerca de la distribución geográfica de los reptiles ponzoñosos de México. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 6:291-300.
- _____. 1936. Contribución al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. IV. Vertebrados observados en la época de seca. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 7:271-278.
- _____. 1937. Contribución al conocimiento de los batracios y reptiles del valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 8(1-2):260-266.
- _____. 1938. Ensayo de interpretación del libro undécimo de la historia de Sahagún. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 9(3-4):379-391.
- Mejenes-López, S.D.M. y M. Hernández-Bautista. 2013. Primer registro de *Crocodylus moreletii* (Reptilia: Crocodylia) para Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):999-1001.
- Mendoza-Quijano, F. 1990. *Estudio herpetofaunístico en el transecto Zacualtipán-Zoquiupoipan-San Juan Meztlán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. FES Iztacala-UNAM, México.
- Mendoza-Quijano, F. y H.M. Smith. 1993. A new species of Hooknose Snake, *Ficimia* (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology* 27(4):406-410.
- Mendoza-Quijano, F., S.D.M. Mejenes-López, M. Hernández-Aquino y G. Köhler. 2002. *Ctenosaura acanthura* (Shaw, 1802). An addition to the known fauna of the Mexican State of Hidalgo. *Herpetozoa* 15(1-2):91-92.
- Mendoza-Quijano, F., G. Quijano-Manilla y R.F. Mendoza-Paz. 2006. Análisis fenético de la herpetofauna de los bosques mesófilos de montaña del este de Hidalgo. En: *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. Publicación especial No. 3. A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca, pp. 99-109.
- Montiel-Canales, G., I. Goyenechea, L. Fernández-Badillo y J.M. Castillo-Cerón. 2016. Evaluación del AE y PAE para identificar trazos generalizados a partir de las serpientes del estado de Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical* 64(4):1611-1624.
- Morales-Capellán, N. 2010. *Herpetofauna de dos ambientes contrastantes del municipio de Tasquillo, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Mosauer, W. 1936. A new Xantusiid lizard of the genus *Lepidophyma*. *Herpetologica* 1(1):3-5.
- Pineda-Meléndez, M.A. 2008. *Diversidad herpetofaunística del municipio de Zapotlán de Juárez, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Ramírez-Bautista, A. y R. Cruz-Elizalde. 2013. Reptile community structure in two fragments of cloud forest of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *North-Western Journal of Zoology* 9(2):410-417.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano *et al.* 2010. *Lista de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México*. CONABIO/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde *et al.* 2014. *Los anfibios y los reptiles del estado de Hidalgo, México: Diversidad, biogeografía y conservación*. A. Ramírez-Bautista, Pachuca.
- Reaño-Hernández, I. 2016. *Análisis comparativo de la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en diferentes tipos de vegetación de Jacala de Ledezma, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Área Académica de Biología-UAEH, México.
- Roth-Monzón, A. 2010. *Herpetofauna del municipio de Nopala de Villagrán, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1945. An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *Bulletin - United States National Museum* 187:1-239.
- _____. 1948. An annotated checklist and key to the amphibia of Mexico. *Bulletin - United States National Museum* 194:1-118.
- _____. 1950a. Type localities of Mexican reptiles and amphibians. *The University of Kansas Sciences Bulletin* 33:313-380.
- _____. 1950b. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *Bulletin - United States National Museum* 199:1-253.
- Somolinos-D'Ardois, G. 1960. *Francisco Hernández. Vida y obra de Francisco Hernández precedida de España y Nueva España en la época de Felipe II*. Obras completas, tomo 1. UNAM, México.
- Taylor, E.H. 1937. Two new lizards of the genus *Leiolopisma* from Mexico with comments on another Mexican species. *Copeia* 1:5-11.
- _____. 1939. A new species of the lizard genus *Lepidophyma* from Mexico. *Copeia* 3:131-133.
- _____. 1940. New species of Mexican Anura. *University of Kansas Sciences Bulletin* 26:385-405.

- _____. 1941. New Plethodontid salamanders from Mexico. *Herpetologica* 2:57-65.
- _____. 1942a. New caudata and *Salientia* from Mexico. *University of Kansas Sciences Bulletin* 28:295-323.
- _____. 1942b. Mexican snakes of the genera *Adelophis* and *Storeria*. *Herpetologica* 2(4):75-79.
- Weigmann, A.F.A. 1834. *Herpetologia mexicana. Descriptio Amphibiorum novae Hispaniae*. Schiede in Museum Zoologicum Berolinense pervenerunt, Alemania.
- Woodall, H.T. 1941. A new Mexican salamander of the genus *Oedipus*. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 444:1-4.
- Woolrich, G.A. y G.R. Smith. 2012. A new species of *Xenosaurus* from the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Herpetologica* 68(4):551-559.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ESTUDIO DE CASO

Herpetofauna en ambientes antropizados del municipio San Felipe Orizatlán

Leonardo Fernández Badillo, Gonzalo Hernández Hernández, Ilse Jaqueline Ortega Martínez, Raúl Valencia Herverth, Hublester Domínguez Vega e Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

Introducción

La herpetofauna del municipio de San Felipe Orizatlán, ubicado en la Huasteca Hidalguense, ha sido poco explorada, ya que únicamente se ha publicado el registro de 11 especies (Mendoza-Quijano y Hernández-Hernández 2001, Mendoza-Quijano *et al.* 2002, Murillo *et al.* 2003, Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Hernández-Austria *et al.* 2015, Fernández-Badillo *et*

al. 2016a, b, Fernández-Badillo y Hernández-Hernández 2016a, b, Lemos-Espinal y Dixon 2016, Fernández-Badillo *et al.* 2017, Fernández-Badillo *et al.* 2020). Además, presenta un alto grado de perturbación a causa de las actividades humanas, y sólo conserva 30% de la vegetación original (INEGI 2009).

A pesar de que los estudios de herpetofauna asociada a ambientes antropizados aportan información acerca de la capacidad de respuesta y adaptación de las especies a las modificaciones de origen antropogénico, este tipo de estudios aún son escasos en México (Mitchell *et al.* 2008, Niemelä *et al.* 2011). En Hidalgo, algunos estudios han registrado una mayor riqueza en ambientes modificados, en comparación con ambientes de vegetación primaria (o en buen estado de conservación; Badillo-Saldaña 2013), aunque también se ha observado lo contrario (Berriozabal-Islas 2012). Estas discrepancias en cuanto a la riqueza se han interpretado como indicadores de que las especies tienen diferentes capacidades de respuesta a las perturbaciones del hábitat, y a diferentes escalas espacio temporales (Mitchell *et al.* 2008).

Área de estudio

El área de estudio corresponde al municipio San Felipe Orizatlán, el cual se visitó en tres periodos: junio de 2011, mayo y diciembre de 2015, y enero-agosto de 2016.¹ Los usos del suelo y tipos de vegetación predominantes son agricultura (73%), bosque tropical perennifolio (BTP; 25.3%) y zona urbana (1.68%, figura 1; INEGI 2009).

Los muestreos se realizaron mediante el método de búsqueda directa no restringida (Manzanilla y Péfaur 2000), con recorridos diurnos y nocturnos en potreros (actividad ganadera bovina), vegetación secundaria de BTP y zonas urbanas, así como en fragmentos pequeños de vegetación primaria de BTP. Además, se utilizó la técnica descrita por Sullivan (2013) para detectar animales activos y atropellados sobre las carreteras. Por medio del permiso

¹ Este periodo corresponde al trabajo de tesis de licenciatura en biología de Gonzalo Hernández-Hernández (2017).

Fernández-Badillo, L., G. Hernández-Hernández, I.J. Ortega-Martínez, R. Valencia-Herverth, H. Domínguez-Vega e I. Goyenechea. 2021. Herpetofauna en ambientes antropizados del municipio San Felipe Orizatlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 262-268.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

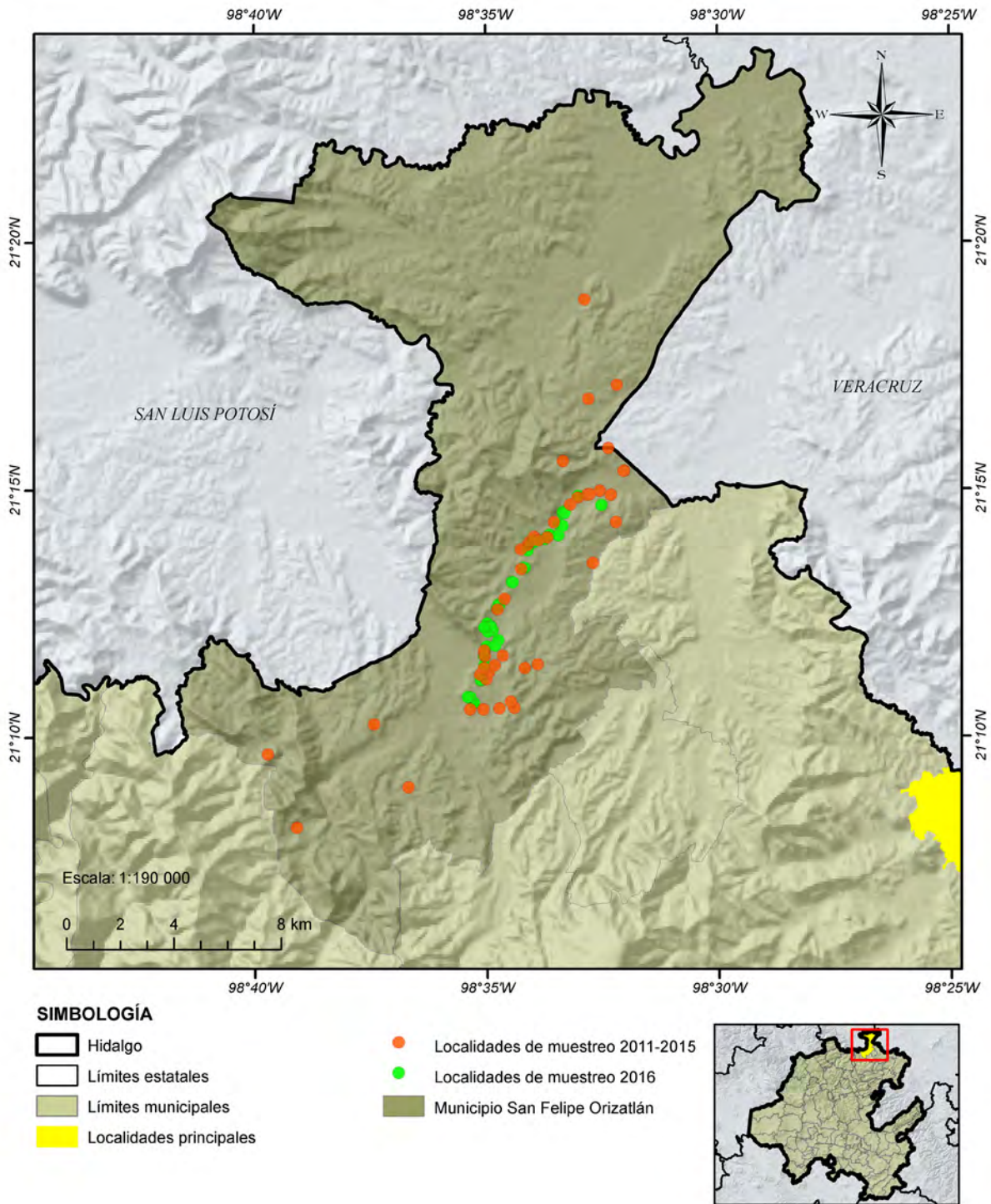


Figura 1. Municipio San Felipe Orizatlán, en el que se muestran las localidades muestreadas. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Representantes de las familias de anfibios de San Felipe Orizatlán: a) *Bolitoglossa platidactyla* (Plethodontidae); b) *Notophthalmus meridionalis* (Salamandridae); c) *Rhinella horribilis* (Bufonidae); d) *Eleutherodactylus* sp. (Eleutherodactylidae); e) *Smilisca baudinii* (Hylidae); f) *Leptodactylus melanonotus* (Leptodactylidae); g) *Hypopachus variolosus* (Microhylidae); h) *Lithobates berlandieri* (Ranidae). Fotos: Leonardo Fernández-Badillo.



Figura 3. Representantes de algunas de las familias de reptiles de San Felipe Orizatlán: a) *Kinosternon herrerae* (Kinosternidae); b) *Gerrhonotus ophiurus* (Anguidae); c) *Sceloporus variabilis* (Phrynosomatidae); d) *Plestiodon tetragrammus* (Scincidae); e) *Drymarchon melanurus* (Colubridae); f) *Coniophanes imperialis* (Dipsadidae); g) *Nerodia rhombifer* (Natricidae); h) *Agkistrodon taylori* (Viperidae). Fotos: Leonardo Fernández-Badillo.

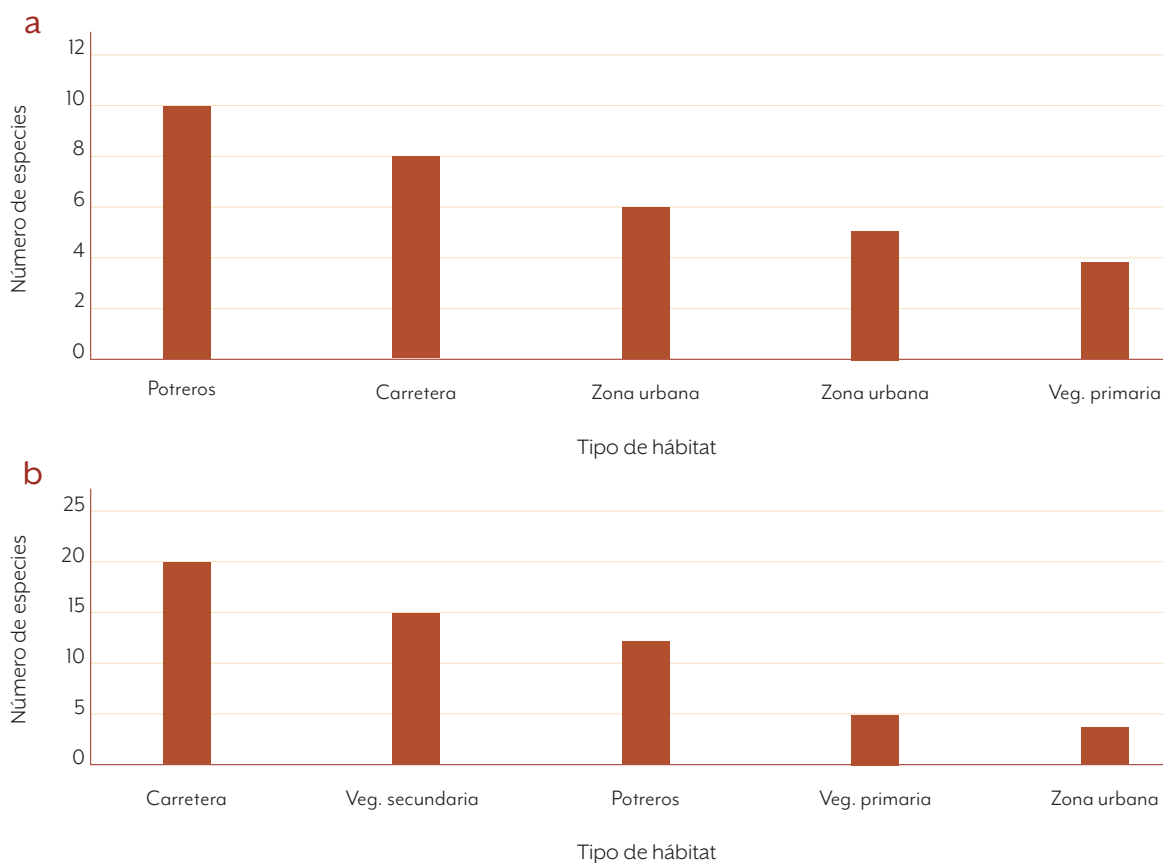


Figura 4. Riqueza herpetofaunística registrada por tipo de hábitat: a) anfibios; b) reptiles. Fuente: elaboración propia.

SEMARNAT-FAUT-0052, se recolectaron únicamente organismos atropellados, así como aquellos que no pudieron identificarse en campo, para posteriormente depositarse en la colección herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CIB-UAEH). Con la información de campo, registros de literatura y bases de datos de la colección herpetológica del CIB-UAEH, se elaboró un listado de especies para el municipio.

Herpetofauna de San Felipe Orizatlán

Se encontraron 51 especies (50 identificadas), de las cuales 40 son primeros registros para el municipio (apéndice 14). Los anfibios se agruparon en ocho familias (figura 2), 13 géneros y 16 especies; la familia

y el género con mayor riqueza fueron Hylidae y *Lithobates*, con cinco y cuatro especies, respectivamente. Para el caso de los reptiles,² se registraron 14 familias (figura 3), 32 géneros y 35 especies; la familia más diversa fue Colubridae con 10 especies, y todos los géneros estuvieron representados por no más de dos especies.

En cuanto a la presencia de las especies por tipo de hábitat, 10 especies de anfibios se registraron en potreros, ocho en carretera, seis en zona urbana, cinco en vegetación primaria y cuatro en vegetación secundaria (apéndice 14, figura 4a). Para el caso de tortugas y escamados, se registraron 13 especies en potreros, 20 en carretera, 15 en vegetación secundaria, cinco en vegetación primaria y cuatro en zonas urbanas (apéndice 14, figura 4b). En total para la herpetofauna, nueve especies son endémicas de

² La palabra reptiles es un nombre común que se emplea para referirse a los miembros no voladores de la clase Sauropsida, la cual incluye a dinosaurios, aves, cocodrilos, tortugas y escamados (lagartijas y serpientes).

México, 18 se encuentran con alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y 44 conforme a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La riqueza encontrada corresponde a 72.8% de lo registrado en BTP (70 especies) por Ramírez-Bautista y colaboradores (2014), y es superior a la que mencionan Badillo-Saldaña y colaboradores (2015) y Lara-Tufiño (2014) para otras zonas de BTP del estado (37 y 27 especies respectivamente). El registro de una mayor riqueza de anfibios en los potreros (10 especies), puede deberse a la disponibilidad de cuerpos de agua, ya que existen bebederos para el ganado que proporcionan refugio y sitios de reproducción apropiados para los anfibios. Para el caso de las serpientes, estas son atraídas a los potreros por la variedad de microhábitats y alimento (insectos y pequeños vertebrados) que se encuentra en zonas con cierto grado de perturbación. Este efecto se ha observado en otras áreas perturbadas, incluyendo espacios agrícolas (Urbina-Cardona *et al.* 2006) y urbanos (Ramírez-Bautista *et al.* 2015). Otro aspecto relevante es el registro de 28 especies de anfibios y reptiles sobre la carretera, lo cual pudo deberse a que estos organismos suelen cruzar las carreteras en busca de agua, alimento o pareja, utilizan microhábitats al margen de estas, o las aprovechan para termorregular (como en el caso de las serpientes; Ashley y Robinson 1996, Arroyave *et al.* 2006), por lo que la herpetofauna es altamente vulnerable a la mortalidad por atropello vehicular.

Referencias

- Arroyave, M., C. Gómez, M. Gutiérrez *et al.* 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia* 5:45-47.
- Ashley, E.P. y J.T. Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the long point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110(3):403-412.
- Badillo-Saldaña, L.M. 2013. *Análisis de la herpetofauna en zonas conservadas y perturbadas de bosque tropical y bosque mesófilo en Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Badillo-Saldaña, L.M., A. Ramírez-Bautista, D. Lara-Tufiño y C.S. Berriozabal-Islas 2015. Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 29(2):1-9.
- Berriozabal-Islas, C.S. 2012. *Riqueza y diversidad herpetofaunística del bosque tropical, cafetales y potreros del municipio de Huehuetla, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L. y G. Hernández-Hernández. 2016a. *Coniophanes imperialis*. Distribution Note. *Mesoamerican Herpetology* 3(1):193-194.

Conclusiones

En general se observó que la mayor riqueza herpetofaunística encontrada se encuentra en zonas antropizadas, por lo que la posibilidad de encuentros entre las personas y estos vertebrados, así como las actividades humanas que se realizan en estas áreas, representan un grave riesgo para los anfibios y reptiles. Si bien la mayoría de las especies registradas en el presente estudio ocupa hábitats antropizados, es difícil asegurar que puedan sobrevivir a largo plazo en estos ambientes, ya que el grado de transformación, la rapidez con que ocurren estos cambios y otras amenazas³ ponen en grave riesgo tanto a la herpetofauna como a la biodiversidad en general.

Por ello es indispensable llevar a cabo acciones de concientización y educación ambiental para fomentar el cuidado y protección de la herpetofauna; asimismo, es urgente que las autoridades se involucren en la conservación y procuren la implementación de pasos de fauna y letreros para reducir la velocidad en las carreteras y evitar el atropello vehicular, así como concientizar a los pobladores de respetar dichos lineamientos. En un municipio tan antropizado como San Felipe Orizatlán, la conciencia y participación ciudadana y el compromiso de las autoridades con el cuidado de la biodiversidad debe ser total, para lograr conservar el capital natural con el que aún se cuenta.

³ Algunas de las amenazas que ponen en riesgo a las poblaciones de anfibios y reptiles son la pérdida y fragmentación de hábitat y la contaminación, las cuales incrementan con el crecimiento demográfico.

- _____. 2016b. *Leptophis mexicanus*. Distribution Note. *Mesoamerican Herpetology* 3(2):514.
- Fernández-Badillo, L., G. Hernández-Hernández, F. Torres-Angeles et al. 2016a. Presence of *Agkistrodon taylori* in disturbed areas (cultivated fields) in the municipality of San Felipe Orizatlán, Hidalgo, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3(3):804-808.
- Fernández-Badillo, L., R. Valencia-Herverth, H. Hernández-Cordoba et al. 2016b. *Hypopachus variolosus*. Distribution Note. *Mesoamerican Herpetology* 3(4):1038.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C.R. Olvera-Olvera et al. 2017. *Guía de las serpientes del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., G. Hernández-Hernández, R. Valencia-Herverth et al. 2020. Confirmación de la presencia de la serpiente *Pituophis catenifer* (Blainville, 1835) en el estado de Hidalgo, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3(1):101-104.
- Hernández-Austria, R., D. Lara-Tufiño y A. Ramírez-Bautista. 2015. Estado actual de la distribución y aspectos ecológicos generales de la rana de Moore *Lithobates johni* (Anura: Ranidae), endémica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1):269-271.
- Hernández-Hernández, G. 2017. *Riqueza herpetofaunística y mortalidad por atropello vehicular en el tramo carretero San Felipe-Los Sabinos, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *San Felipe Orizatlán, Hidalgo. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. INEGI, México.
- Lara-Tufiño, D. 2014. *Diversidad de la herpetofauna en áreas de bosques primarios, agroecosistemas y potreros de Pisaflores, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Lemos-Espinal, J.A. y J.R. Dixon. 2016. *Anfibios y reptiles de Hidalgo, México*. CONABIO, México.
- Manzanilla, J. y J. Péfaur 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista Ecológica Latinoamericana* 7(3):17-30.
- Mendoza-Quijano, F. y B. Hernández-Hernández 2001. *Spilotes pullatus mexicanus* (Tropical Rat Snake) geographic distribution. *Herpetological Review* 32:280.
- Mendoza-Quijano, F., S.M.A. Mejenes-López y J. Barragan-Torres. 2002. *Notophthalmus meridionalis* (Cope, 1880), una adición a la anfibiafauna de Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 10:53-54.
- Mitchell, J.C., R.E. Jung y B. Bartholomew. 2008. *Urban herpetology*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Estados Unidos.
- Murillo, S., T.A. Solorzano y N. Matías-Ferrer. 2003. *Adelphicos quadrivirgatum* geographic distribution. *Herpetological Review* 34:276-277.
- Niemelä, J., J.H. Breuste, G. Guntenspergen et al. 2011. *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford University Press, Estados Unidos.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde et al. 2014. *Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca.
- Ramírez-Bautista, A., R. Cruz-Elizalde, J. Alvarado e I. Magno-Benítez. 2015. La riqueza y diversidad herpetofaunística en ambientes antropizados: El caso de especies dentro de la ciudad de Pachuca y sus alrededores. *Herreriana* 11(2):25-32.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Sullivan, B.K. 2013. Road riding. En: *Reptile biodiversity: Standard methods for inventory and monitoring*. R.W. McDiarmid, M.C. Foster, C. Guyer et al. (eds.). University of California Press, Estados Unidos, pp. 215-218.
- Urbina-Cardona, J.N., M. Olivares-Pérez y V.H. Reynoso. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the los Tuxtlas biosphere reserve of Veracruz, México. *Biological Conservation* 132:61-75.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ESTUDIO DE CASO

Riqueza y conservación de la herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Leonardo Fernández Badillo

Introducción

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) es el área natural protegida (ANP) de carácter federal más grande en Hidalgo (CONANP 2003), y presenta una extrema variabilidad ambiental, así como una alta diversidad de flora y fauna, debido a que se encuentra en la intersección de tres provincias biogeográficas: la Faja Volcánica Transmexicana, la Sierra

Madre Oriental y el Altiplano Mexicano (figura 1; Moreno *et al.* 2007). Esta convergencia ecológica regional ha sido considerada la principal causa de que existan especies tanto de la región Neártica como de la Neotropical (Vite-Silva *et al.* 2010).

En términos de la riqueza herpetofaunística de la RBBM, existen varias investigaciones previas (CONANP 2003, Vite-Silva *et al.* 2010, Cruz-Elizalde *et al.* 2015); sin embargo, el trabajo que presenta el listado más completo es el de Valdez-Rentería *et al.* (2018), en el que se enlistan un total de 69 especies (apéndice 15), agrupadas en 22 familias y 45 géneros, y que corresponden a 14 anfibios y 55 reptiles.¹

Esta riqueza de anfibios y reptiles la convierte en la ANP de Hidalgo con mayor cantidad de especies (Valdez-Rentería *et al.* 2018); sin embargo, el programa de manejo de la reserva (CONANP 2003) únicamente enumera 29 especies (6 anfibios y 23 reptiles), lo que implica que 57.9% de las especies presentes en ella no están consideradas.

El programa de manejo de cada ANP es considerado el elemento rector de planeación y regulación que define las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y administración del área en cuestión. Para que se cumplan los objetivos de conservación y manejo sustentable de los recursos naturales que se encuentran dentro de cada área, es importante considerar todos los elementos bióticos o al menos los más vulnerables y significativos para la conservación. De esta manera, la actualización o el complemento y ampliación de los listados bióticos de un área protegida contribuyen a mejorar sus acciones y metas de conservación.

Amenazas para la herpetofauna de la RBBM

Actualmente se sabe que existen varios factores antropogénicos que amenazan a la biodiversidad, como la pérdida y fragmentación de hábitats, la contaminación, la sobreexplotación de flora y fauna, la introducción de especies exóticas invasoras

¹ Reptiles, es el nombre común con el que se conocen a los representantes no voladores de la clase Suaropsida, que incluye a dinosaurios, aves, cocodrilos, tortugas, tuátaras y escamados.

Fernández-Badillo, L. 2021. Riqueza y conservación de la herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 270-275.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

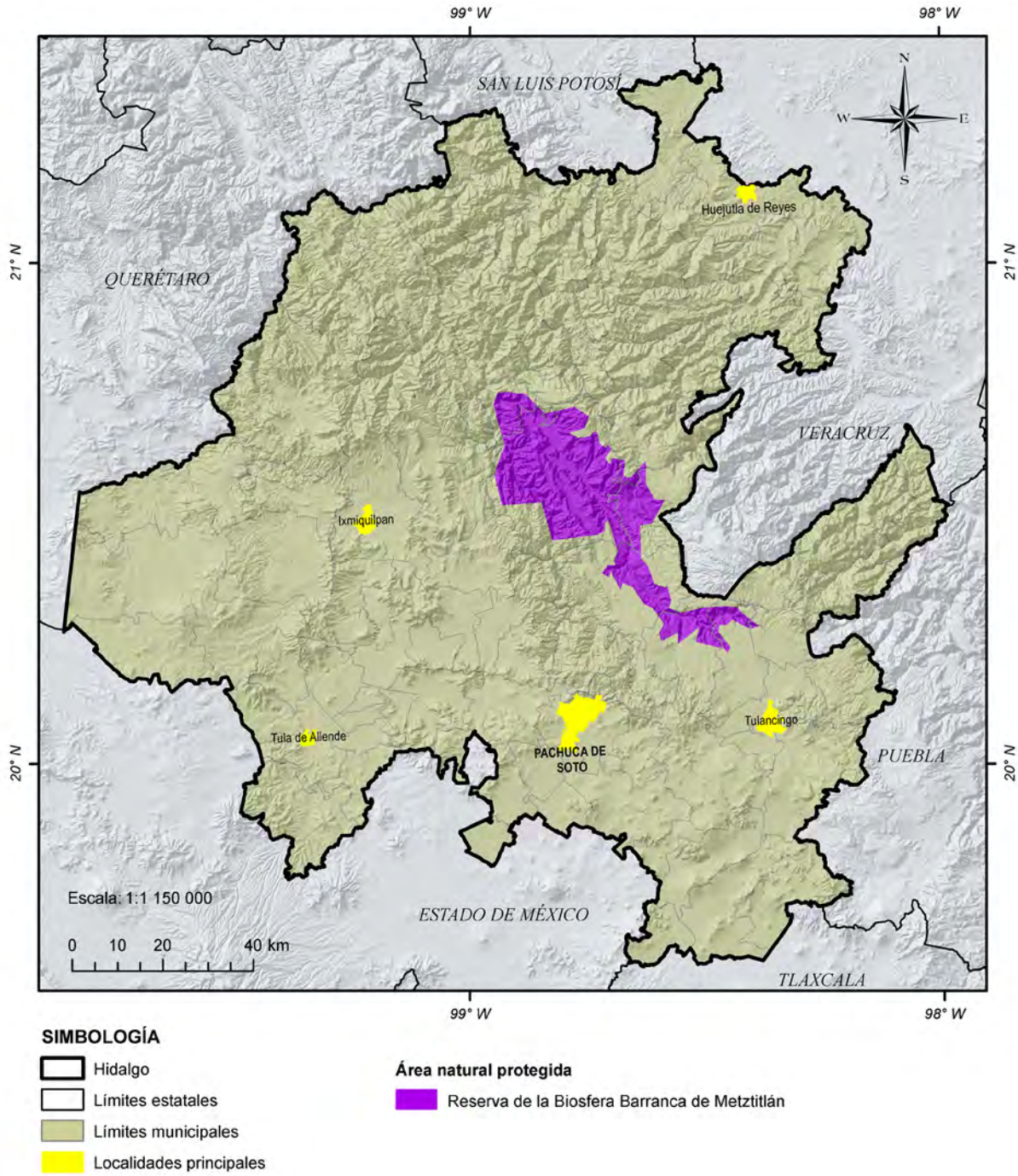


Figura 1. Ubicación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Ejemplar de *Drymarchon melanurus* atropellado sobre la carretera federal Pachuca-Huejutla, cerca del municipio San Agustín Metzquitlán, dentro de la RBBM. Foto: Leonardo Fernández-Badillo.

y el cambio climático global (CONABIO 2016); además, para el caso particular de la herpetofauna, existen otros factores que amenazan a sus poblaciones, como por ejemplo el comercio ilegal de especies, las enfermedades, el uso y consumo tradicional (Cruz-Elizalde *et al.* 2017), la mortalidad por atropello vehicular (Ashley y Robinson 1996, Trombulak y Frissell 2000), la percepción maligna o negativa que se tiene de ciertos organismos a causa de mitos o creencias equívocas (Fernández-Badillo *et al.* 2011), e inclusive la recolecta científica desproporcionada.

En este sentido, no existe un diagnóstico que cuantifique en qué magnitud afectan cada uno de estos factores a las poblaciones de anfibios y reptiles que habitan en la RBBM, y se cuenta únicamente con datos aislados del uso de especies como la serpiente de cascabel *Crotalus atrox* con fines medicinales (CONANP 2003); registros ocasionales de ejemplares atropellados en las carreteras (figura 2); y avistamientos de organismos que han sido aniquilados por pobladores locales (figura 3).

Por otro lado, es importante considerar que algunas especies son más vulnerables que otras a ciertas amenazas. En este sentido, por ejemplo, los anfibios enfrentan amenazas directas dentro de la RBBM a causa de la contaminación de los ríos y por la introducción de especies de peces exóticos para fines comerciales y alimenticios, como las mojarra *Amatitlania nigrofasciata*, *Herichthys cyanoguttatus* y la carpa *Cyprinus carpio*; además, se ha detectado la presencia del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*



Figura 3. Ejemplar de *Thamnophis cyrtopsis*, aniquilado por pobladores locales cerca de la localidad de Vaquerías, Atotonilco el Grande, dentro de la RBBM. Foto: Leonardo Fernández-Badillo.

en poblaciones de la rana *Rheohyla miotympanum* dentro de la RBBM (Hernández-Austria 2017). La infección a causa de este hongo, llamada quitridiomycosis, es considerada como una de las principales causas de la disminución de las poblaciones de anfibios a nivel mundial (Mendoza-Almeralla *et al.* 2014).

Para el caso de los reptiles, la persecución humana es un factor que amenaza principalmente a las serpientes (Fernández-Badillo *et al.* 2016, Cruz-Elizalde *et al.* 2017) las cuales, sean o no venenosas, normalmente son aniquiladas por los pobladores locales. Dado que en la RBBM habitan cuatro especies de serpientes con venenos potencialmente peligrosos para el ser humano (*Crotalus aquilus*, *C. atrox*, *C. molossus* y *Micrurus tener*, figura 4) y no se tiene implementado un protocolo para actuar en caso de mordedura por parte de alguna de estas serpientes, los pobladores no dudan en sacrificarlas por el riesgo que representan para ellos y su ganado (obs. pers.).

Otro grupo de reptiles vulnerable dentro de la RBBM son las lagartijas conocidas comúnmente como escorpiones (géneros *Abronia*, *Barisia* y *Gerrhonotus*), ya que son considerados por los pobladores como venenosos, y por lo tanto son aniquilados (obs. pers.). Lo anterior resulta relevante ya que, aunque algunas de estas especies se encuentran catalogadas como amenazadas dentro de normas nacionales como la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010) e iniciativas internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), esta información no se encuentra disponible para



Figura 4. Ejemplares de las especies potencialmente peligrosas para el ser humano en la RBBM: a) *Crotalus aquilus*; b) *C. atrox*; c) *C. molossus*; d) *Micrurus tener*. Fotos: Leonardo Fernández Badillo.

todas las personas, y en caso de conocerse, las creencias y aspectos culturales negativos hacia estos animales prevalecen.

Conservación

Cruz-Elizalde y colaboradores (2017) mencionan que para cumplir con las metas de conservación de las especies en cualquier área geográfica, se debe conocer su historia natural (hábitat, reproducción, comportamiento, entre otros), distribución (áreas geográficas, biogeografía) y demografía (historia de vida, tamaño de la población y su dinámica, longevidad, entre otros). Lo anterior coincide con los subcomponentes de investigación y de monitoreo descritos en el programa de manejo de la reserva (CONANP 2003), y corresponde con uno de los cinco ejes estratégicos (conocimiento) contemplados en la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX; CONABIO 2016). Sin embargo, aunque el conocimiento científico es fundamental para

afrontar los desafíos de la conservación y el manejo sustentable de la biodiversidad, también es necesario cubrir otros aspectos, como el uso y manejo sustentable de los recursos, además de la educación, comunicación y cultura ambiental (CONABIO 2016).

Para lograr lo antes mencionado, es necesario transmitir el conocimiento científico hacia la sociedad, y así generar conciencia acerca de la importancia ecológica de la herpetofauna de la RBBM; aunado a ello, es indispensable integrar a las comunidades en los proyectos de conservación y desarrollar estrategias de uso y manejo sustentable, que les permitan obtener recursos económicos a partir de la herpetofauna, como por ejemplo el establecimiento y seguimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), turismo de naturaleza, venta de servicios (p.e. hospedaje, comida, guías de campo), entre otros.

Asimismo, es necesario llevar a cabo talleres para que las personas aprendan a reconocer las especies venenosas y cómo actuar en caso de un accidente,

e implementar programas de salud pública que aseguren la disponibilidad de antivenenos para el tratamiento de mordeduras de serpiente. Aunado a ello, es necesario que exista personal médico capacitado en las clínicas de salud que se ubican dentro de la reserva, para que se puedan implementar protocolos para la atención de los envenenamientos por mordedura de serpiente, con base en las recomendaciones y sugerencias descritas por Gil-Alarcón y colaboradores (2011).

En este sentido, algunas de estas actividades ya se llevan a cabo el herpetario X-Plora Reptilia,² cuyos objetivos principales son la educación ambiental, la investigación y la conservación de la herpetofauna, con especial interés en las especies de la RBBM y del estado de Hidalgo; en conjunto con la UMA San-

tana, este tipo de iniciativas podrán repercutir de forma positiva en la protección de la herpetofauna al interior de la reserva.

Conclusiones y recomendaciones

Por todo lo anterior, es necesario comenzar a trabajar de forma multi e interdisciplinaria, para atender cada uno de los aspectos antes mencionados, y lograr la conservación de la herpetofauna y de la diversidad biológica de la RBBM, con el fin de que la conservación de los recursos naturales de Hidalgo deje de ser solo una idea u objetivo dentro de un plan de manejo, y se transforme en una actitud y un compromiso de la sociedad en general.

Referencias

- Ashley, E.P. y J.T. Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the long point causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 110(3):403-412.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y su Plan de Acción 2016-2030*. CONABIO, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México*. SEMARNAT, México.
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, L.D. Wilson y U. Hernández-Salinas. 2015. Effectiveness of protected areas in herpetofaunal conservation in Hidalgo, Mexico. *Herpetological Journal* 25:41-48.
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, D.R. Aguillón-Gutiérrez et al. 2017. Principales amenazas para la biodiversidad y perspectivas para su manejo y conservación en el estado de Hidalgo: el caso de los anfibios y reptiles. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo. Tomo II*. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 577-589.
- Gil-Alarcón, G., M.C. Sánchez-Villegas y V.H. Reynoso. 2011. Tratamiento prehospitalario del accidente ofídico: revisión, actualización y problemática actual. *Gaceta Médica de México* 147(3):195-208.
- Hernández-Austria, R. 2017. *Estudio sobre la infección por el hongo Batrachochytrium dendrobatidis en cinco especies de anuros del estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría en biodiversidad y conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán e I. Goyenechea. 2011. Serpientes venenosas del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., N.L. Manríquez-Morán, J.M. Castillo-Cerón e I. Goyenechea. 2016. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(1):156-170.
- Mendoza-Almeralla, C., P. Burrowes y G. Parra-Olea. 2014. La quitridiomycosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1):238-248.
- Moreno, C.E., G. Sánchez-Rojas, J.R. Verdú et al. 2007. Biodiversidad en ambientes agropecuarios semiáridos en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, México. En: *Hacia una cultura de la conservación de la diversidad biológica, vol. 6*. G. Halfter, S. Guevara y A. Melic (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 97-107.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

2 Predio intensivo de manejo de vida silvestre, ubicado en la localidad de Pilas y Granadas, municipio Metztitlán.

- Trombulak, S.C. y C.A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14(1):18-30.
- Valdez-Rentería, S.Y., L. Fernández-Badillo, C.R. Olvera-Olvera et al. 2018. Herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. *Areas Naturales Protegidas Scripta* 4(2):29-48.
- Vite-Silva, V.D., A. Ramírez-Bautista y U. Hernández-Salinas. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 8(2):473-485.



ESTUDIO DE CASO

Herpetofauna de la sierra de las Navajas

Cristian Raúl Olvera Olvera, Leonardo Fernández Badillo, Francisco Javier Callejas Jiménez, José Carlos Iturbe Morgado e Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

Introducción

El término herpetofauna se utiliza para referirse a dos grupos muy diferentes entre sí: los anfibios y los comúnmente llamados reptiles.¹ Los primeros incluyen a las ranas y sapos (Anura), las salamandras (Caudata) y las cecilias (Gymnophiona; AmphibiaWeb 2018). Los segundos hacen referencia a los cocodrilos (Crocodylia), las tortugas (Testudines) y las tuátaras (Sphenodontia), así como a las lagartijas y serpientes (Squamata; Vitt y Caldwell 2014).

¹ Reptiles, es el nombre común con el que se conocen a los representantes no voladores de la clase Suaropsida, que incluye a dinosaurios, aves, cocodrilos, tortugas, tuátaras y escamados.

Olvera-Olvera, C.R., L. Fernández-Badillo, F.J. Callejas-Jiménez, J.C. Iturbe-Morgado e I. Goyenechea. 2021. Herpetofauna de la sierra de las Navajas En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 276-283.

En Hidalgo, estos vertebrados han sido estudiados desde finales del siglo XVIII (véase *Historia de la herpetología en Hidalgo* en esta obra), y aunque recientemente se han publicado trabajos generales sobre la herpetofauna de la entidad (Ramírez-Bautista *et al.* 2010, 2014, Lemos-Espinal y Dixon 2016, Fernández-Badillo *et al.* 2017, Goyenechea *et al.* 2017, Manríquez-Morán *et al.* 2017), algunas regiones han sido poco exploradas, como es el caso de la sierra de las Navajas. Este estudio servirá como base para encaminar esfuerzos futuros dirigidos hacia la conservación de la herpetofauna de esta zona, puesto que resulta indispensable conocer la riqueza biológica de un sitio para que, a partir de ello, se puedan sugerir líneas de acción en pro de la conservación y aprovechamiento sustentable del capital natural.

Estudio en sierra de las Navajas

La sierra de las Navajas es un conjunto de serranías ubicadas en el centro sur del estado (figura 1), que incluye a los municipios Acatlán, Epazoyucan, Huasca de Ocampo, Omitlán de Juárez, Tulancingo de Bravo y Singuilucan (INEGI 1992). Presenta un intervalo altitudinal de 2 600 a 3 200 msnm e incluye diversos tipos de vegetación, de los cuales el dominante es el bosque de pino-encino. En esta sierra existen áreas destinadas al pago por servicios ambientales, aprovechamiento forestal, actividades cinegéticas y extracción de obsidiana (Gobierno del Estado 2016a, b).

Particularmente, las principales amenazas a la herpetofauna de esta región se asocian con las actividades de tala y agricultura, puesto que modifican los microhábitats donde estos animales se encuentran. En general, estos vertebrados poseen ámbitos hogareños reducidos, por lo que las actividades de transformación del hábitat tienen un impacto negativo en sus poblaciones.

Se realizaron salidas al campo mensuales de septiembre de 2014 a diciembre de 2017 para re-

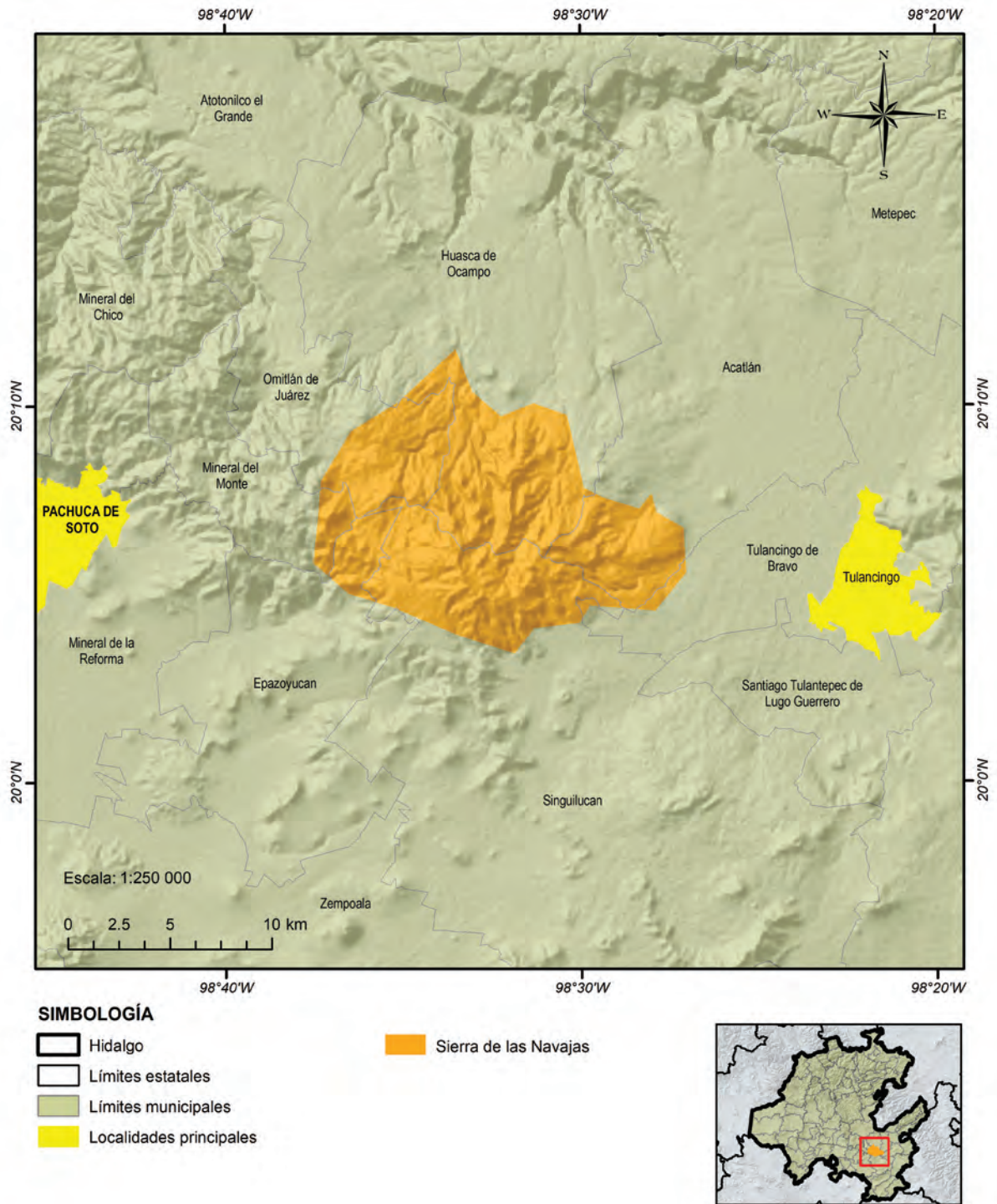


Figura 1. Mapa de la Ubicación de la sierra de las Navajas. Fuente: elaboración propia.

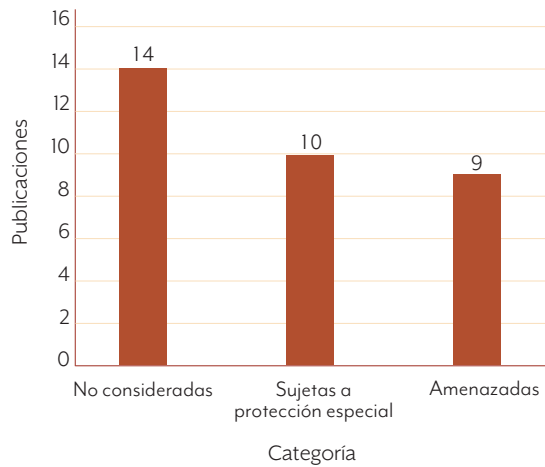


Figura 2. Especies registradas en alguna categoría de riesgo con base en la NOM-059. Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2010.

gistrar la herpetofauna de la sierra. A los organismos encontrados se les tomaron algunas medidas morfométricas como la longitud hocico-cloaca (LHC) y la longitud de la cola (Lc) con el fin de obtener información adicional sobre las categorías de edad (información no presentada en este estudio). Además, se tomaron fotografías, así como las coordenadas geográficas del sitio de registro. Posteriormente los ejemplares fueron liberados en el sitio donde se encontraron. La lista de especies se complementó con información bibliográfica y con la base de datos de la colección herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CIB-UAEH).



Figura 3. Anfibios abundantes (a, b) y raros (c, d) en la sierra de las Navajas: a) *Aquiloeurycea cephalica*; b) *Dryophytes plicatus*; c) *Chiropterotriton dimidiatus*; d) *Spea multiplicata*. Fotos: Leonardo Fernández-Badillo (a, d), Cristian R. Olvera-Olvera (b, c, d).



Figura 4. Salamandra (*Isthmura belli*) en el cerro de las Navajas, sierra de las Navajas. Foto: Cristian R. Olvera-Olvera.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Reptiles abundantes (a, b, c, d) y raros (e, f, g, h) en la sierra de las Navajas: a) *Sceloporus bicanthalis*; b) *S. mucronatus*; c) *Conopsis lineata*; d) *Thamnophis scalaris*; e) *S. spinosus*; f) *S. torquatus*; g) *Diadophis punctatus*; h) *Pituophis deppei*. Fotos: Cristian R. Olvera-Olvera (a, c, h), Leonardo Fernández-Badillo (b, d, e, f, g).



Figura 6. Serpiente de cascabel de cabeza pequeña (*Crotalus intermedius*), observada en la sierra de las Navajas. Foto: Leonardo Fernández-Badillo.

Resultados

Se registraron en total 11 especies de anfibios, distribuidas en seis familias y dos órdenes; así como 22 especies de reptiles distribuidos en siete familias y un orden (apéndice 16). Del total de especies, 19 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (figura 2; SEMARNAT 2010) mientras que 26 son endémicas de México. Cabe resaltar que en el estado se registran 53 especies de anfibios (14 salamandras y 39 anuros) que se distribuyen en 10 familias; mientras que se registran 130 especies de reptiles (84 serpientes, 42 lagartijas, tres tortugas y un cocodrilo; Manríquez-Morán *et al.* 2017).

En este contexto, la sierra de las Navajas posee 17% de la riqueza de reptiles del estado, 21% de anfibios y 18% de la herpetofauna total de la entidad. Las especies más comunes de anfibios fueron la salamandra *Aquiloerycea cephalica* (figura 3a) y la rana *Dryophytes plicatus* (figura 3b); mientras que las más raras fueron el sapo de espuela *Spea multiplicata* (fi-

gura 3d), y las salamandras *Chiropterotriton dimidiatus* (figura 3c) e *Isthmura bellii* (figura 4).

Con respecto a los reptiles, dos especies de lagartijas (*Sceloporus bicanthalis* y *S. mucronatus*) y dos de serpientes (*Conopsis lineata* y *Thamnophis scalaris*) fueron observadas con mayor abundancia; en tanto, las lagartijas *Sceloporus spinosus* y *S. torquatus*, y las serpientes *Diadophis punctatus* y *Pituophis deppei* fueron las más raras (figura 5). Es importante resaltar que recientemente se ha observado con frecuencia a la serpiente de cascabel de cabeza pequeña (*Crotalus intermedius*, figura 6) en la sierra de las Navajas (Fernández-Badillo *et al.* 2016, Hernández-Jandete *et al.* 2017, Ibarra-Bautista *et al.* 2017), la cual se había registrado de forma aislada, previo a estas publicaciones, en únicamente dos puntos del estado: Tepeji del Río de Ocampo (Valencia-Hernández *et al.* 2007) y cerca de Pachuca (Klauber 1972, Fernández-Badillo *et al.* 2013) y con solo dos ejemplares en cada localidad.

Los avistamientos en la sierra de las Navajas son relevantes, ya que esta es la única zona de la entidad



Figura 7. Ejemplares de las serpientes a) *Crotalus aquilus*; b) *Thamnophis pulchrilatus* de la sierra de las Navajas. Fotos: Cristian R. Olvera-Olvera.

donde se ha observado más de un ejemplar de esta especie amenazada y endémica de México. Lo anterior posiciona a esta zona como un lugar donde podrían llevarse a cabo estrategias estatales para su conservación, ya que en Hidalgo estas serpientes no se distribuyen dentro de ningún área natural protegida. Cabe señalar que *C. intermedius* habita de forma disyunta en regiones montañosas altas entre los 2 000 y 3 134 msnm, en los estados de Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Fernández-Badillo *et al.* 2016, Heimes 2016), y en general no existen muchos registros de la especie.

Los resultados obtenidos muestran que la sierra de las Navajas alberga una riqueza herpetofaunística similar a la del Parque Nacional El Chico (PNCH), para el cual se han registrado 37 especies; 34 dentro del polígono del parque y tres más en su zona de influencia (Morales-Capellán *et al.* 2018). Sin embargo, la sierra presenta especies que no han sido registradas en el PNCH ni en ninguna otra área natural protegida del estado (Cruz-Elizalde *et al.* 2015, Morales-Capellán *et al.* 2018, Valdez-Rentería *et al.* 2018), como es el caso de *C. intermedius*.

Adicionalmente, se encontraron organismos cuyas poblaciones son escasas en otras áreas de Hidalgo, pero en la zona de estudio son relativamente abundantes, como las serpientes *T. scalaris* (figura 5d), *C. aquilus* (figura 7a) y *T. pulchrilatus* (figura 7b). Por lo tanto, es importante enfatizar la necesidad de implementar estrategias de conservación que permitan la protección de los hábitats y las especies en

la sierra de las Navajas, así como en las áreas que conectan a la sierra con el PNCH, a fin de contar con una amplia extensión geográfica de conectividad ecológica y preservar un mayor número de especies.

Conclusiones y recomendaciones

Se recomienda ampliamente que se continúe con la elaboración de inventarios en la zona, no sólo de vertebrados, sino también de invertebrados y flora, esto con la finalidad de obtener la información y conocimientos necesarios para formular estrategias de conservación que engloben a la biodiversidad en general. Además, es importante realizar monitoreos con el fin de evaluar el estado real de las poblaciones y con ello contar con información que permita el aprovechamiento sustentable de algunas especies, así como establecer estrategias de aprovechamiento no extractivo como el turismo de naturaleza.

Aunado a ello, es de suma importancia incluir a la población humana local y a los visitantes en los esfuerzos de conservación, para lograr una conciencia ciudadana sobre la relevancia de conservar el capital natural e incrementar el empoderamiento sobre sus recursos naturales. En este sentido, es necesario llevar a cabo programas de difusión y educación ambiental, e invitar a la ciudadanía para la generación de información y toma de datos, para poder contar con información tanto del área académica como de la ciencia ciudadana.

Referencias

- AmphibiaWeb. 2018. Country search, Mexico. En: <https://amphibiaweb.org/cgi/amphib_query?rel-isocc=like&orderby=yaw=Order&where-isocc=Mexico>, última consulta: 26 de enero de 2018.
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, L.D. Wilson y U. Hernández Salinas. 2015. Effectiveness of protected areas in herpetofaunal conservation in Hidalgo, Mexico. *The Herpetological Journal* 25(1):41-48.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, I. Goyenechea y U. Hernández-Salinas. 2013. *Crotalus intermedius* (Mexican small-headed rattlesnake). *Geographic Distribution. Herpetological Review* 44:476-477.
- Fernández-Badillo, L., C.R. Olvera-Olvera y F. Torres-Angeles. 2016. *Crotalus intermedius*. Distribution Notes. *Mesoamerican Herpetology* 3(2):526-527.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C.R. Olvera-Olvera et al. 2017. *Guía de las serpientes del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Gobierno del Estado. 2016a. *Plan municipal de desarrollo de Hidalgo: 2016-2020: Epazoyucan*. En: <<http://epazoyucan.hidalgo.gob.mx/descargables/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal/PMD%20Epazoyucan.pdf>>, última consulta: mayo de 2019.
- Gobierno del Estado. 2016b. *Plan municipal de desarrollo de Hidalgo: 2016-2020: Singuilucan*. En: <http://planestataldesarrollo.hidalgo.gob.mx/pdf/PMD/057-SINGUILUCAN/PMD_Singuilucan.pdf>, última consulta: mayo de 2019.
- Goyenechea, I., J.M. Castillo-Cerón, N.L. Manríquez-Morán et al. 2017. Biodiversidad de anfibios en el estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 487-504.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana, Vol.1.: Snakes of Mexico*. Chimaira, Frankfurt.
- Hernández-Jandete, R., L. Fernández-Badillo, A. Ibarra-Bautista y C.R. Olvera-Olvera. 2017. *Crotalus intermedius*. Distribution Notes. *Mesoamerican Herpetology* 4:485.
- Ibarra-Bautista, A., R. Hernández-Jandete, R.D. Arellano-Pinacho y L. Fernández-Badillo. 2017. *Crotalus intermedius*. Distribution Notes. *Mesoamerican Herpetology* 4:678.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1992. *Síntesis geográfica del estado de Hidalgo*. INEGI, México.
- Klauber, L.M. 1972. *Rattlesnakes. Their habits, life histories, and influence on mankind*. University of California Press, Estados Unidos.
- Lemos-Espinal, J.A. y J.R. Dixon. 2016. *Anfibios y reptiles de Hidalgo, México*. CONABIO, México.
- Manríquez-Morán, N.L., J.M. Castillo-Cerón, I. Goyenechea et al. 2017. Riqueza y diversidad de saurópsidos (no aves) del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y M.C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 505-528.
- Morales-Capellán, N., L. Fernández-Badillo, C.A. Maciel-Mata et al. 2018. *Guía básica de los anfibios y reptiles del Parque Nacional El Chico*. Dirección del Parque Nacional El Chico-CONANP/Ciencia y Comunidad por la Conservación/Herpetario X-Plora Reptilia, Pachuca.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano et al. 2010. *Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde et al. 2014. *Los anfibios y los reptiles del estado de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Valencia-Hernández, A.A., I. Goyenechea y J.M. Castillo-Cerón. 2007. Notes on scutellation, length, and distribution of rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) in Hidalgo, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 23(3):29-33.
- Valdez-Rentería, S.Y., L. Fernández-Badillo, C.R. Olvera-Olvera et al. 2018. Herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 4(2):29-48.
- Vitt, L.J. y J.P. Caldwell. 2014. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Elsevier, Estados Unidos.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Análisis de la distribución de la avifauna a través de áreas de endemismo

Araceli Janette Rodríguez Casanova e Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

La biogeografía y las aves

La biodiversidad se encuentra distribuida de manera desigual a lo largo del planeta, y está determinada por la historia evolutiva de los organismos (Espinoza-Organista y Ocegueda-Cruz 2008). Los análisis biogeográficos permiten identificar las áreas de endemismo (áreas donde converge la distribución de al menos dos especies) y los patrones de distribución de los seres vivos, a través de la relación entre unidades biogeográficas a diferentes escalas y con distintos taxones¹ (Rojas-Soto *et al.* 2003, Morrone 2014).

El análisis de parsimonia de endemismos (PAE por sus siglas en inglés), propuesto por Rosen (1988) y modificado por Morrone (1994), es una herramienta para reconocer las áreas de endemismo y los patrones de distribución. Emplea un algoritmo de parsimonia² para establecer las relaciones entre unidades biogeográficas; el resultado obtenido es representado mediante diagramas ramificados (cladogramas) que agrupan jerárquicamente las áreas con biotas similares (Mora-Olivo *et al.* 2008, Escalante-Espinosa 2011) y que pueden ser interpretados como provincias biogeográficas (Espinoza-Organista *et al.* 2001).

Hidalgo representa una excelente área para realizar análisis biogeográficos, debido a la

heterogeneidad del medio físico y a su riqueza avifaunística, pues ocupa el décimo primer lugar nacional con 510 especies de aves registradas (CONABIO 2018). Las aves son organismos muy conspicuos y se encuentran en todos los ecosistemas del estado, por lo que a través de ellas pueden reconocerse patrones de distribución (Navarro-Sigüenza *et al.* 2007). Además, en el estado convergen cuatro provincias biogeográficas: Altiplano Mexicano (AM), Faja Volcánica Transmexicana (FVT), Golfo de México (GM) y Sierra Madre Oriental (SMO; Morrone 2005).

El estudio de los patrones de distribución de las especies mediante el reconocimiento de las áreas de endemismo permite explicar la distribución de los seres vivos a través de una historia común, por lo que se puede aplicar con distintos grupos biológicos. Asimismo, a través de las áreas de endemismo se pueden reconocer sitios de importancia para la conservación biológica, particularmente en sitios como Hidalgo, que cuenta con una alta riqueza de avifauna, y en donde no se han realizado estudios biogeográficos enfocados en las aves; por ello, el objetivo de este trabajo fue conocer y analizar los patrones de distribución y las áreas de endemismo de las aves en la entidad mediante la utilización del PAE.

¹ Grupo de seres vivos considerado como una unidad de cualquier categoría en una clasificación.

² Principio metodológico con el cual los datos se deben explicar de la manera más simple.

Rodríguez-Casanova, A.J. e I. Goyenechea. 2021. Análisis de la distribución de la avifauna a través de áreas de endemismo. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 285-292.

Aplicación del PAE en Hidalgo y su avifauna

Se revisó literatura para conocer a las especies de aves residentes registradas en la entidad. En el análisis se usaron los registros de distribución de la base de datos del proyecto FOMIX-CONACYT 2010 "Diversidad biológica del estado de Hidalgo (segunda fase)" y se tomó la siguiente información de las aves: orden, familia, especie, coordenadas norte y este en formato UTM. Para el arreglo taxonómico de las especies se utilizó la clasificación de la American Ornithological Society (AOS 2019). Para realizar el PAE, solo se usaron las especies de aves residentes que contaron con datos georeferenciados; se excluyeron las especies con un solo registro, así como aquellas presentes en todos y en un solo cuadrante (Almazán-Núñez *et al.* 2013). Se elaboraron los mapas de distribución de cada especie de ave con el programa Arcview 3.2 (ESRI 1999) y se obtuvo la riqueza de especies y el número de registros en cada una de las provincias biogeográficas y en los cuadrantes del análisis.

Se realizó el PAE de acuerdo con la propuesta de Morrone (1994), para lo cual se superpuso al estado una gradilla de 0.5° de latitud por 0.5° de longitud, y fueron omitidos del análisis los cuadrantes sin registros de aves (Almazán-Núñez *et al.* 2013). De esta forma Hidalgo fue dividido en 16 cuadrantes, de los cuales sólo 12 se consideraron en el PAE (figura 1).

Se construyó una matriz de presencia-ausencia, donde las columnas representaron a las aves residentes y las filas mostraron los cuadrantes en los que se dividió el estado. En caso de encontrar un taxón presente en algún cuadrante, la celda se codificó con 1, y con 0 si no se encontraba; además, se agregó una fila hipotética con 0 para enraizar el cladograma (Escalante-Espinosa y Morrone 2003, Escalante-Espinosa 2011). La matriz se analizó con el programa NONA ver. 2.0 (Goloboff 1997) mediante una búsqueda heurística, y los cladogramas obtenidos se editaron con el programa WinClada ver. 0.9.99 (Nixon 2000).

Riqueza de la avifauna residente

Se obtuvieron y analizaron los registros de 188 especies de aves, de las 260 especies de aves residentes registradas en el estado (Martínez-Morales *et al.* 2007). Éstas pertenecen a 17 órdenes, 44 familias y

132 géneros. La avifauna estudiada constituye 37% de la avifauna reportada para el estado, lo que indica que se trata de un grupo ampliamente estudiado en la entidad. Los órdenes con mayor número de especies fueron Passeriformes (123), Apodiformes (14), Columbiformes y Piciformes (8 cada uno, cuadro 1); mientras que las familias con mayor riqueza fueron Emberizidae (18), Tyrannidae (17) y Trochilidae (13, figura 2).

Del total de registros únicos obtenidos para la distribución de las aves (6 385), las familias con mayor número de registros fueron Emberizidae (658), Tyrannidae (512) y Troglodytidae (500). Sin embargo, se puede apreciar la desigualdad de estudios a lo largo del territorio estatal; por lo tanto, se propone realizar estudios en la zona sur de la entidad, con la finalidad de aportar una mayor información sobre los patrones de distribución de las aves en esta área. En cuanto a la riqueza de aves en las provincias biogeográficas en el estado, la provincia que presentó mayor número de especies fue la SMO con 174, mientras que la FVT contó con menor número de especies (7, cuadro 2). Los cuadrantes con mayor número de registros fueron el cuatro con 2 267, y el ocho con 1 811 registros; mientras que el cuadrante 12 presentó el menor número de registros (66).

En general, los cuadrantes con mayor número de registros (4 y 8) se localizaron en el área de importancia para la conservación de las aves (AICA) de Tlanchinol y el área natural protegida Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán (RBBM), que representan áreas de interés biológico para la conservación de las aves en el estado. Sin embargo, la SMO presentó el mayor número de especies; esto podría deberse a la complejidad biológica del sitio, resultado de su historia geológica (García-Trejo y Navarro-Sigüenza 2004, Almazán-Núñez *et al.* 2013). En el caso contrario, la FVT mostró la menor riqueza de especies y registros, lo que podría estar influido por la porción del territorio que abarca la provincia en los cuadrantes de este análisis, y por la falta de estudios.

Análisis de Parsimonia de Endemismos

Se obtuvieron tres cladogramas igualmente parsimoniosos, por lo que se realizó un consenso estricto. En el cladograma resultante se reconocen dos

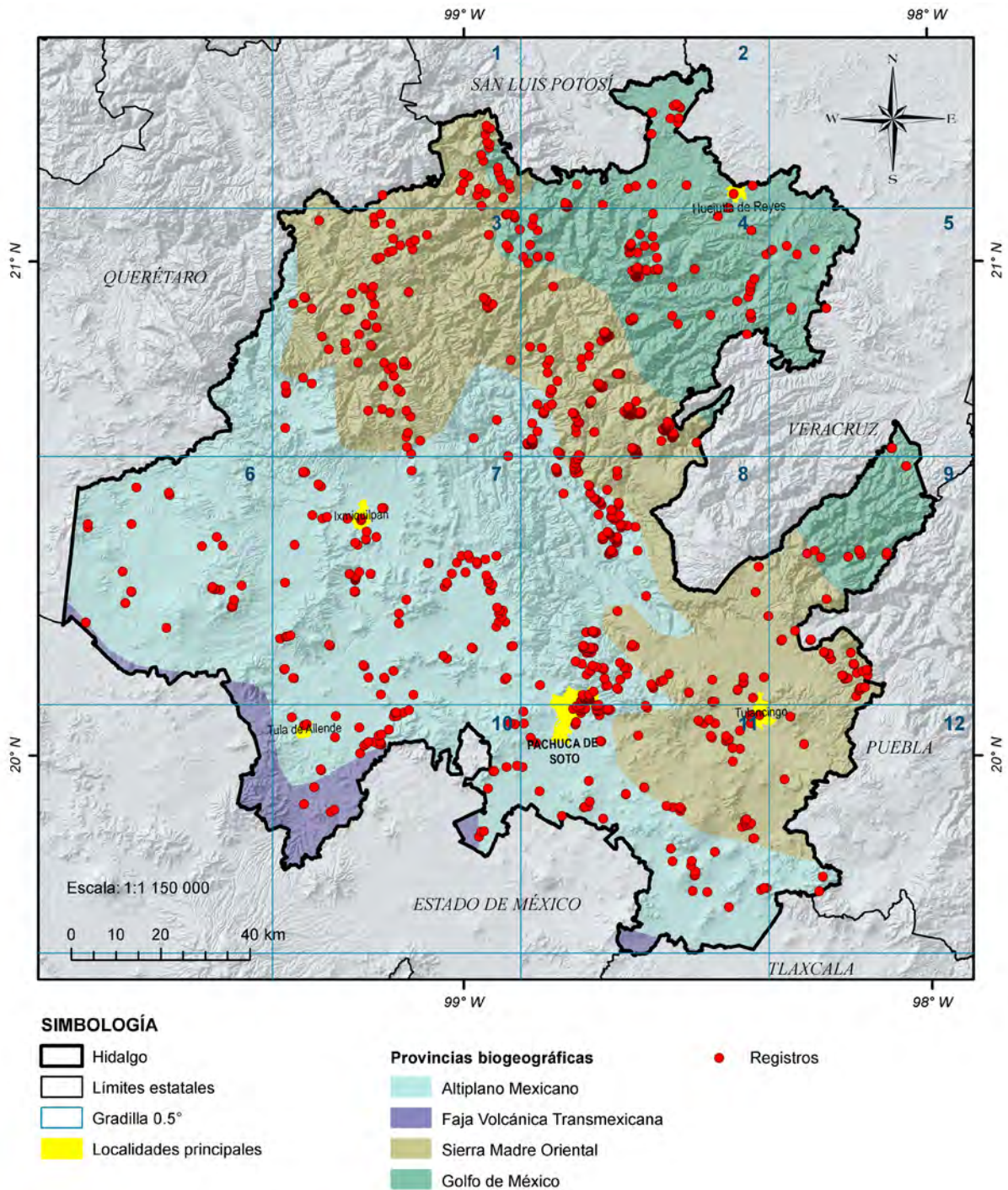


Figura 1. Registros de aves residentes en Hidalgo y las cuatro provincias biogeográficas en las que converge. Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

Cuadro 1. Número de especies utilizadas en el PAE con base en los órdenes de las aves registradas en Hidalgo.

Orden	Especies
Passeriformes	123
Apodiformes	14
Piciformes	8
Columbiformes	8
Accipitriformes	6
Gruiformes	5
Strigiformes	4
Falconiformes	3
Psittaciformes	3
Coraciiformes	3
Trogoniformes	3
Cuculiformes	3
Caprimulgiformes	1
Gruiformes	1
Tinamiformes	1
Charadriiformes	1
Podicipediformes	1
Total	188

Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

Cuadro 2. Riqueza de aves por provincia biogeográfica.

Provincia biogeográfica	Registros	Especies
Altiplano Mexicano	3 095	132
Faja Volcánica Transmexicana	8	7
Golfo de México	932	138
Sierra Madre Oriental	2 350	174
Total	6 385	-

Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

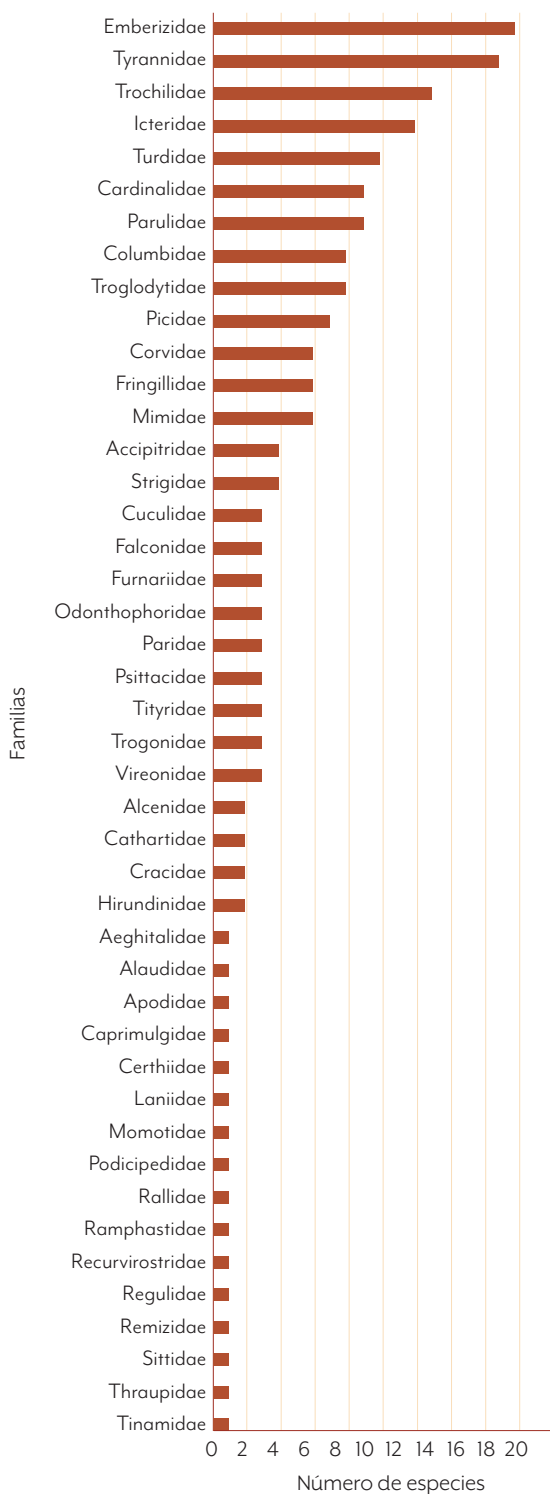


Figura 2. Número de especies (por familia) de aves residentes en Hidalgo utilizadas en el PAE. Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

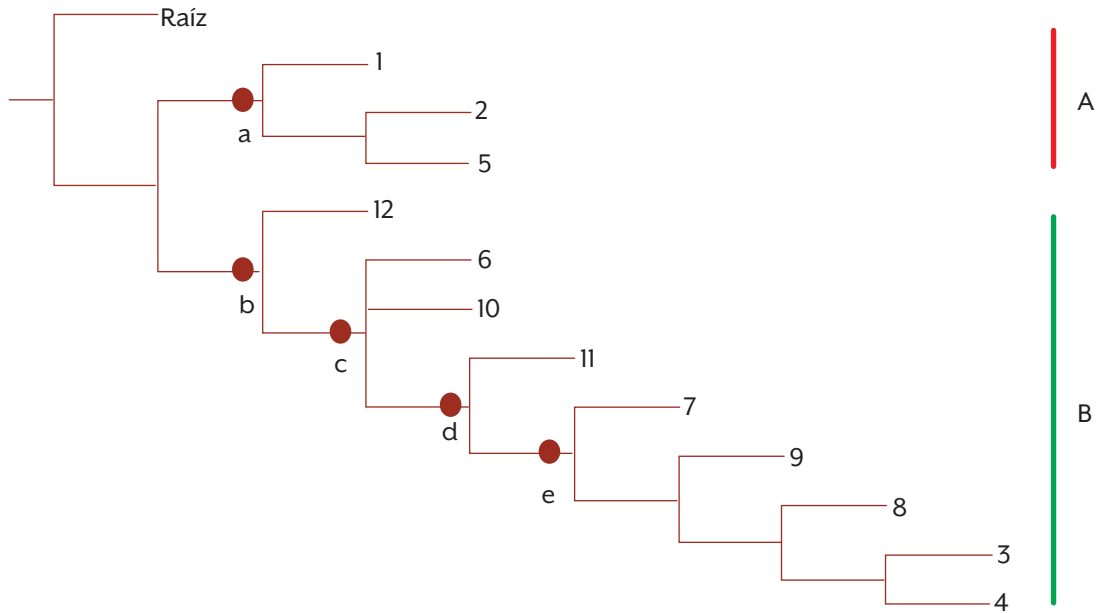


Figura 3. Cladograma de consenso estricto del PAE ($L= 454$, $Ci= 41$ y $Ri= 53$) donde se observan el área A (nodo a) que agrupa los cuadrantes 1, 2 y 5, correspondientes a la parte noroeste del estado; y el área B (nodos b-e) que incluye los cuadrantes restantes. Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

áreas de endemismo que fueron agrupadas con base en los patrones de distribución de las aves en el estado (figura 3). El área A está sustentada por dos especies compartidas de aves (sinapomorfias):³ *Buteo magnirostris* y *Crotophaga sulcirostris*; mientras que el área B está sustentada por once sinapomorfias: *Haemorrhous mexicanus*, *Junco phaeonotus*, *Lanius ludovicianus*, *Melospiza melodia*, *Melospiza fusca*, *Psaltriparus minimus*, *Spizella passerina*, *Sturnella magna*, *Toxostoma curvirostre*, *T. longirostre* y *Zenaidura macroura*.

El nodo⁴ a, que corresponde al área A, agrupa los cuadrantes 1, 2 y 5, que representan la provincia del GM, mientras que el área B incluye los nodos b-e, relacionados con las provincias biogeográficas SMO, AM y FVT. El nodo b agrupa al cuadrante 12 junto con los restantes cuadrantes, mientras que en el nodo c se excluye el cuadrante 12. El nodo d incluye los cuadrantes 11, 7, 9, 8, 3 y 4, y corresponde a las provincias SMO y AM. Finalmente, el nodo e incluye los cuadrantes 7, 9, 8, 3 y 4 y corresponde a la SMO

(cuadro 3). En el área B, se observa que el nodo c presenta una politomía,⁵ es decir, que las relaciones de los cuadrantes 6 y 10 y el nodo d no se resuelven, por lo que son inciertas las relaciones entre las regiones biogeográficas AM y FVT.

Los resultados obtenidos del PAE mostraron la relación de las dos áreas de endemismo (A y B) con las provincias biogeográficas en las que converge Hidalgo. El área A estuvo integrada por tres cuadrantes (1, 2 y 5) ubicados al norte del estado; esta área se relacionó con la provincia biogeográfica del GM. El área B estuvo integrada por nueve cuadrantes (3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12). El arreglo jerárquico de estos cuadrantes muestra su correspondencia con las provincias biogeográficas AM, FVT y SMO. Los resultados obtenidos para Hidalgo concuerdan con los obtenidos en el análisis realizado en el estado de Querétaro, donde también se presentaron patrones de distribución correspondientes con el AM, la FVT y la SMO como provincias biogeográficas (Almazán-Núñez *et al.* 2013).

³ Estado particular (y relativamente novedoso) de un carácter (apomorfia) que se encuentra en dos o más taxones o áreas.

⁴ Punto de ramificación donde se conectan dos o más ramas del cladograma.

⁵ Se presenta en cladogramas parcialmente resueltos, en donde más de dos ramas están conectadas por un nodo.

Cuadro 3. Áreas de endemismo obtenidas mediante el PAE con los 12 cuadrantes (áreas A y B).

Área	Nodo	Cuadrantes	Provincia biogeográfica	Sinapomorfías
A	a	(1(2,5))	GM	<i>Buteo magnirostris</i> <i>Crotophaga sulcirostris</i>
		(2,5)	GM	<i>Amazilia yucatanensis</i>
B	b	(12(10,6(11(7(9(8(3,4))))))))	SMO, AM y FVT	<i>Haemorhous mexicanus</i>
				<i>Junco phaeonotus</i>
				<i>Lanius ludovicianus</i>
				<i>Melospiza melodia</i>
				<i>Melospiza fusca</i>
				<i>Psaltriparus minimus</i>
				<i>Spizella passerina</i>
				<i>Sturnella magna</i>
				<i>Toxostoma curvirostre</i>
				<i>Toxostoma longirostre</i>
B	c	(10,6(11(7(9(8(3,4))))))))	SMO, AM y FVT	<i>Zenaid macroura</i>
				<i>Aphelocoma coerulescens</i>
				<i>Corvus corax</i>
				<i>Icterus parisorum</i>
				<i>Lampornis clemenciae</i>
				<i>Mimus polyglottos</i>
				<i>Thryomanes bewickii</i>
				<i>Campostoma imberbe</i>
				<i>Aulacorhynchus prasinus</i>
				<i>Dryobates scalaris</i>
B	d	(11(7(9(8(3,4))))))	SMO y AM	<i>Poecile sclateri</i>
		(7(9(8(3,4))))	SMO y AM	<i>Amazilia cyanocephala</i>
B	e	(9(8(3,4)))	SMO	<i>Empidonax affinis</i>
				<i>Tachycineta thalassina</i>
				<i>Catharus occidentalis</i>
				<i>Certhia americana</i>
				<i>Empidonax fulvifrons</i>
				<i>Myioborus miniatus</i>
				<i>Empidonax occidentalis</i>
				<i>Geococcyx californianus</i>
				<i>Setophaga pitiayumi</i>
				<i>Tachycineta albilinea</i>
B	e	(8(3,4))	SMO	<i>Trogon mexicanus</i>
				<i>Coccothraustes abeillei</i>
				<i>Dendrortyx barbatus</i>
				<i>Lepidocolaptes affinis</i>
				<i>Pachyramphus major</i>
				<i>Penelope purpurascens</i>
B	e	(3,4)	SMO	<i>Vireo leucophrys</i>

Las provincias biogeográficas se delimitan por nodos (a, b, c, d, e) que agrupan los cuadrantes del 1 al 12, de acuerdo con las especies compartidas (sinapomorfías) del cladograma de consenso estricto del PAE. SMO: Sierra Madre Oriental; AM: Altiplano Mexicano; FVT: Faja Volcánica Transmexicana; GM: Golfo de México. Fuente: Rodríguez-Casanova 2015.

Conclusiones y recomendaciones

Los estudios biogeográficos permiten identificar patrones de distribución de la biota mediante la semejanza entre los espacios geográficos que ocupan, esto permite el reconocimiento de una historia común en la distribución de las especies (Escalante-Espinosa *et al.* 2003), lo que a su vez proporciona áreas de interés biológico que pudieran ser consideradas al momento de realizar acciones enfocadas a la conservación, en este caso de la avifauna de la entidad. A partir del análisis de los patrones de distribución de las aves en el estado, se concluye que en Hidalgo existen dos áreas de endemismo,

mismas que están relacionadas con las provincias biogeográficas que convergen en la entidad, por lo que se sugiere una historia común en la distribución de la avifauna hidalguense.

En términos de conservación, es importante la variación geográfica presente en Hidalgo, ya que promueve la presencia de una alta riqueza avifaunística; sin embargo, se observó un sesgo de investigación hacia la zona centro y norte de la entidad. Por lo anterior, se deben incrementar estudios en la zona sur que permitan delimitar con mayor precisión las áreas de endemismo, para que puedan ser traducidas a áreas de conservación para la avifauna de Hidalgo.

Referencias

- Almazán-Núñez, R.C., S. López de Aquino, C.A. Ríos-Muñoz, y A.G. Navarro-Sigüenza. 2013. Áreas potenciales de riqueza, endemismo y conservación de las aves del estado de Querétaro, México. *Interciencia* 38(1):2-9.
- AOS. American Ornithological Society. 2019. *Checklist of North and Middle American Birds*. AOS, Estados Unidos.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2018. *Avesmx, estados*. En: <<http://avesmx.conabio.gob.mx/ESTADO.html>>, última consulta: 28 de febrero de 2018.
- Escalante-Espinosa, T. 2011. De cómo el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) tampoco explica la selección natural. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3):1057-1059.
- Escalante-Espinosa, T. y J.J. Morrone. 2003. ¿Para qué sirve el Análisis de Parsimonia de Endemismos? En: *Una perspectiva latinoamericana de la Biogeografía*. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, pp. 167-172.
- Escalante-Espinosa, T., D. Espinosa-Organista y J. Llorente-Bousquets. 2003. Métodos para la identificación, descubrimiento y comparación de patrones biogeográficos: ejemplos en México. En: *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, pp. 303-307.
- Espinosa-Organista, D. y S. Ocegueda-Cruz. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital natural de México, vol I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (eds.). CONABIO, México, pp. 33-65.
- Espinosa-Organista, D., C. Aguilar-Zúñiga y T. Escalante-Espinosa. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. En: *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. D. Espinosa-Organista, J.J. Morrone, J. Llorente-Bousquets y V. Flores-Villela (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, pp. 31-37.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. 1999. *ArcView* 3.2. ESRI Inc., Estados Unidos.
- García-Trejo, E.A. y A.G. Navarro-Sigüenza. 2004. Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):167-185.
- Goloboff, P. 1997. *NOMA, ver 2.0*. Goloboff, Argentina.
- Martínez-Morales, M.A., R. Ortiz-Pulido, B. De la Barreda *et al.* 2007. Hidalgo. En: *Avifaunas estatales de México*. R. Ortiz-Pulido, A.G. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva *et al.* (eds.). CIPAMEX, Pachuca, pp. 49-95.
- Mora-Olivo, A., J.L. Villaseñor, I. Luna-Vega y J.J. Morrone. 2008. Patrones de distribución de la flora vascular acuática estricta en el estado de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(2):435-448.
- Morrone, J.J. 1994. On the identification of areas of endemisms. *Systematic Biology* 43(3):438-441.
- _____. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76(2):207-252.
- _____. 2014. Parsimony analysis of endemismity (PAE) revised. *Journal of Biogeography* 41(5):842-854.
- Navarro-Sigüenza, A.G., A. Lira-Noriega, A.T. Peterson *et al.* 2007. Diversidad, endemismo y conservación de las aves. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna-Vega, J.J. Morrone y D. Espinosa-Organista (eds.). UNAM, México, pp. 461-483.
- Nixon, K. 2000. *WinClada versión 0.9.99*. Nixon, Estados Unidos.

Rojas-Soto, O., O. Alcántara-Ayala y A.G. Navarro-Sigüenza. 2003. Regionalization of the avifauna of the Baja California Peninsula, Mexico: a parsimony analysis of endemism and distributional modelling approach. *Journal of Biogeography* 30(3):449-461.

Rodríguez-Casanova, A. 2015. *Áreas de endemismo de las aves*

del estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

Rosen, B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. En: *Analytical Biogeography*. A. Myers y P.S. Giller (eds.). Chapman and Hall, Londres, pp. 437-481.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El puma de Actopan

Octavio César Rosas Rosas, Alberto Enrique Rojas Martínez
y Aida Jeanette Cerratos Carrillo

Introducción

A principios de 2017, las noticias de que un puma (*Puma concolor*) mató a algunos animales domésticos en la región de Actopan, impactó al público de las ciudades cercanas a Pachuca, ante la sorpresa por la existencia de este gran depredador muy cerca de la capital. No obstante, no debiera resultar extraño, puesto que Hidalgo es uno de los seis estados considerados mega diversos en México (Rojas-Martínez *et al.* 2017), mismos que aún mantienen territorios naturales en los que la presencia humana es escasa y en los que aún existen condiciones ambientales que favorecen la presencia de 147 especies de mamíferos silvestres, lo que coloca al estado en el sexto lugar nacional en diversidad de mamíferos (Rojas-Martínez *et al.* 2017). Es así que el gobierno del municipio, ante el desconocimiento de lo que se debe hacer en estos casos, pidió apoyo al Gobierno del Estado, que

a su vez solicitó la asesoría de diversos especialistas sobre la forma de resolver el problema, sin sacrificar al felino.

Importancia de *Puma concolor*

El puma es el segundo felino más grande y poderoso de América, después del jaguar. Estos animales, por más de tres mil años, fueron los animales más importantes y con mayor simbolismo de Mesoamérica. La imagen del puma aparece en el arte de todas las civilizaciones prehispánicas, desde los olmecas hasta los aztecas. La fascinación que ejercieron los grandes felinos sobre la imaginación de los pueblos indígenas persistió en la época colonial y llega hasta la actualidad (Saunders 2020). Los grandes felinos, por sus características estéticas, agilidad, afiladas garras y capacidad de matar en la oscuridad, eran considerados símbolo de las características masculinas, de los cazadores y los guerreros prehispánicos, además de la guerra y el sacrificio (Saunders 2020).

El puma es un carnívoro estricto y oportunista, con hábitos solitarios, que en condiciones naturales se alimenta de mamíferos silvestres medianos y grandes, aves y reptiles (Chávez 2005). Son de hábitos crepusculares, se reproducen indistintamente a lo largo del año, en la época de celo se reúnen las hembras con los machos y permanecen juntos hasta poco antes de que ocurran los nacimientos (Chávez 2005). Los machos son territoriales, mantienen áreas de actividad que varían de 152 a 816 km² y no toleran la presencia de pumas jóvenes en sus territorios (Beck *et al.* 2005). En las áreas en las que no existen los jaguares, el puma es considerado el depredador tope, por lo que sus actividades alimenticias contribuyen a disminuir la densidad poblacional de las presas que consumen plantas, manteniendo así la dinámica del crecimiento, estructura y regeneración de los bosques (Yara-Ortiz *et al.* 2009). Debido a los requerimientos ecológicos específicos de los pumas (p.e. ámbitos hogareños extensos, presencia de numerosas presas disponibles), la presencia de este felino puede ser usada como un indicador del estado de conservación de los ecosistemas (Hornocker 1970).

Rosas-Rosas, O.C., A.E. Rojas-Martínez y A.J. Cerratos-Carrillo. 2021. El puma de Actopan. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 294-299.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

A pesar de los temores que despiertan, la existencia de pumas puede transformarse en un atractivo ecoturístico capaz de atraer gente, siempre que se adopten las precauciones pertinentes. Lo anterior ocurre actualmente en el municipio de Actopan, donde los turistas gustan de visitar los lugares en los que han sido avistados estos animales.

Conflicto entre seres humanos y pumas

Los grandes carnívoros son un grupo que genera gran temor entre los pobladores que coexisten con estos animales, pues son considerados peligrosos, al suponer que pueden atacar a las personas (Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018). Las especies más grandes (p.e. oso negro, jaguar, puma) en ambientes bien conservados normalmente son imperceptibles, resulta difícil encontrar evidencias de sus actividades de alimentación debido a que rehúyen la presencia humana y a que se alimentan de especies silvestres. Sin embargo, en Hidalgo cada vez son más frecuentes los conflictos con grandes carnívoros, debido a que las actividades humanas han disminuido la extensión de sus hábitats, además de que la cacería furtiva ha reducido la presencia de otros animales silvestres que son parte de su dieta.

El conocimiento de los grandes carnívoros en Hidalgo es relativamente reciente (Mejenes-López *et al.* 2010, Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013, Aguilar-López *et al.* 2015) y no existen estudios sobre la biología o ecología de ninguno de estos grandes carnívoros; solamente se cuenta con algunas notas sobre la conducta maternal de los pumas (Rojas-Martínez *et al.* 2013) y sobre los conflictos entre pastores de ganado caprino y los pumas que habitan en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018).

El puma es el segundo felino silvestre más grande del continente americano (38 a 110 kg; Chávez 2005), después del jaguar (*Panthera onca*, 36 a 156 kg; Chávez *et al.* 2005). La información existente indica que un puma adulto puede matar bovinos adultos, caballos, chivos, borregos y perros domésticos, en general, el equivalente a un individuo de 60 kg (Torres *et al.* 1996, Mazzoli *et al.* 2002, Rosas-Rosas *et al.* 2008, Crawshaw y Quigley 2002), cada semana (Beck *et al.* 2005). En la mayoría de las regiones donde los

pumas atacan al ganado, se ha reportado una baja densidad de presas silvestres (Polisar *et al.* 2003), generada por la cacería ilegal, así como la disminución de los lugares conservados con vegetación nativa. La situación anterior se ha transformado en un gran reto para conservar a los grandes carnívoros y especialmente a los pumas, por lo que es necesario plantear estrategias para conservar el hábitat de estos depredadores.

En México no existen reportes específicos sobre la depredación de los animales domésticos, pero de acuerdo con la información del seguro ganadero de la Comisión Nacional Ganadera (CNG), el puma realiza más ataques a animales domésticos que otros carnívoros. En México existen algunos estudios en los que se analiza la depredación de animales domésticos por pumas (Rosas-Rosas *et al.* 2008, Zarco-González y Monroy-Vilchis 2014, Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018); sin embargo, no existen análisis de este fenómeno a nivel regional. Por otra parte, cuando un puma comienza a matar a los animales domésticos, es sacrificado rápidamente por la gente, debido a que representa una amenaza para el patrimonio de las comunidades rurales y por el temor a que pueda atacar a las personas (Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018).

México es el único país de Latinoamérica en el que se aplican medidas de prevención para evitar la depredación del ganado, al protegerlo y estabularlo en corrales seguros, construidos a partir de recursos locales (menos costosos) y mediante la reposición de los animales depredados por medio del pago de un seguro ganadero, lo que al parecer es una buena solución a largo plazo (Rosas-Rosas y Núñez-Pérez 2015). Sin embargo, junto con estas estrategias es necesario incluir programas de educación ambiental a nivel regional, que enseñen a las poblaciones humanas a convivir con los grandes felinos depredadores.

El puma de Actopan

En el mes de junio de 2017, fueron reportados varios ataques al ganado doméstico, por un depredador desconocido en el municipio Actopan. El caso se reportó a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH), quien inmediatamente tomó cartas en el asunto y

Cuadro 1. Registro de ataques de puma en la región de Actopan entre junio de 2017 y junio de 2018.

No.	Fecha	Municipio	Localidad	Tipo de animales depredados	Número de animales depredados
1	28/06/2017	Actopan	Mesa Chica	Yegua	1
2	08/07/2017	Actopan	Chiquihuiteros	Burro	1
3	18/07/2017	Actopan	Chiquihuiteros	Cabra	2
4	24/07/2017	Atotonilco El Grande	Sauz Sabino	Mula	1
5	30/07/2017	Actopan	Plomosas	Yegua	1
6	04/08/2017	Actopan	Benito Juárez	Burro	1
7	14/08/2017	Actopan	San Andrés	Burro	1
8	17/08/2017	Actopan	El Paraje	Burro	1
9	28/08/2017	Atotonilco El Grande	Sauz	Potrillo	1
10	30/08/2017	Actopan	Benito Juárez	Potrillo	1
11	22/09/2017	Actopan	Benito Juárez	Cabrillo	1
12	04/11/2017	Actopan	Chiquihuiteros	Cabra	2
13	06/11/2017	Actopan	Plomosas	Burro	1
14	30/11/2017	Actopan	El Apartadero	Borrego	2
15	27/12/2017	Actopan	Mesa Chica	Cabra	3
16	03/05/2018	Actopan	Benito Juárez	Burro	1
17	08/06/2018	Actopan	Chiquihuiteros	Yegua	1
18	16/06/2018	Actopan	Benito Juárez	Yegua	1

Fuente: elaboración propia con información de entrevistas en las localidades recopilada por la SEMARNATH.

convocó a un pequeño equipo de investigadores para visitar los sitios afectados donde se impartieron pláticas sobre las características de los ataques de diferentes depredadores, se recomendaron medidas precautorias y se recabó información sobre los ataques realizados, con la finalidad de tranquilizar a la gente. Con base en estas reuniones se documentaron 21 ataques a diferentes animales domésticos (cuadro 1) y se estableció la sospecha, por la descripción de los ataques, de la existencia de un puma. Posteriormente se convocó al Grupo de Expertos en la Conservación y Manejo Sustentable del Jaguar y otros Felinos, para discutir con la SEMARNATH las estrategias que se deberían seguir para resolver el problema, entre las que se acordó: georreferenciar e inspeccionar los sitios en los que se identificaron ataques a animales domésticos, y

diseñar una estrategia para obtener información sobre la presencia y las actividades del puma, para intentar capturar y enviar al animal a un resguardo temporal, con la finalidad de conservar su vida.

Las pruebas de la presencia de un puma en la región fueron obtenidas el 20 de julio de 2017, en un recorrido en la zona de los ataques en el que se identificaron varias huellas en la barranca El Nogal (Arroyo Agua del León), arroyo tributario del río Amajac, en la comunidad de Benito Juárez-Plomosas. Las huellas eran recientes y se calculó que habían sido impresas en los cinco días anteriores. De los recorridos realizados, se hizo evidente que los desplazamientos y actividades del puma están ligados a la trayectoria de los arroyos tributarios del río Amajac, en donde se han localizado la mayoría de los rastros (comunidades Benito Juárez, Plomosas,



Figura 1. Pumas (*Puma concolor*), captados en la región de Plomosas, Actopan. Foto: SEMARNATH.

Mesa Chica y Chiquihuiteros, figura 1). Al revisar la información sobre los animales previamente depredados (cuadro 1), complementada con rastros e incluso con observaciones directas realizadas en las comunidades, se puede observar que la mayor pérdida de animales domésticos, tales como burros (6), mulas (1), caballos (6), cabras y borregos (10), ha ocurrido en esta región. Este sistema de cañadas, tiene conectividad con la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, donde ya se ha registrado la presencia del puma desde 2006 (Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018) y puede ser un corredor natural para diferentes especies silvestres de mamíferos.

Además, durante los recorridos realizados se localizaron diferentes rastros (huellas, excretas y observaciones directas) de mamíferos que son parte de la alimentación de los grandes felinos, entre ellos: cacomixtle (*Bassariscus astutus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y restos de armadillo de nueve bandas (*Dasypus*

novemcinctus). Los lugareños además hicieron referencia a la presencia de mapaches (*Procyon lotor*), zorrillos (Mephitidae), conejos y liebres (Leporidae). Sin embargo, las especies referidas, debido a su baja densidad y pequeño tamaño, probablemente son insuficientes para un carnívoro de la talla del puma, ya que necesita presas abundantes o en su caso, de mayor talla para mantener sus requerimientos energéticos (Beck *et al.* 2005). En estos recorridos fue notoria la ausencia de herbívoros mayores como venado de cola blanca y pecarí de collar, que han sido documentados como presas preferidas por el puma en otras regiones de México. Algunas personas de las comunidades señalan que los pumas son poco conocidos en la región, lo mismo que los venados; sin embargo, indican que los casos de depredación se han presentado desde hace seis años, entre los meses de enero a julio y se han incrementado recientemente. Por otra parte, en la Reserva de la Biosfera Barranca

de Metztitlán, los conflictos por la depredación de ganado se conocen desde hace más de 16 años y lamentablemente terminan con la muerte de los pumas (Rojas-Martínez y Soriano-Varela 2018).

Conclusiones y recomendaciones

La presencia de *P. concolor* en la región de Actopan ha generado inquietud entre los pobladores de la zona, de los medios de comunicación y del gobierno estatal, así como de un amplio sector de la población hidalguense, y llamó la atención sobre la existencia de pumas en el estado. Este parece ser un caso atípico, pues el ejemplar (denominado como el puma de Actopan) se ha habituado a vivir en zonas con una presencia humana considerable, en donde existen pocas presas naturales y donde se alimenta de animales domésticos de gran tamaño (burros y caballos), lo cual es considerado inusual para depredadores de la talla del puma (Beck *et al.* 2005). Por lo anterior, es crucial atender los problemas de depredación denunciados y, con el respaldo de la sociedad, prevenir hasta donde sea posible las pérdidas de ganado en las comunidades y la muerte de los felinos, con la finalidad de conservar el patrimonio natural del estado.

Con la asesoría del Grupo de Expertos en la Conservación y Manejo Sustentable del Jaguar y otros Felinos, así como del personal de la SEMARNATH y el gobierno de Actopan, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPa) e investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y del Colegio de Postgraduados (COLPOS), se emitieron las siguientes recomendaciones para solucionar los conflictos con los felinos en Actopan:

- Aplicar de forma efectiva el seguro que cubre casos de depredación al ganado.

- Implementar un programa de mejores prácticas de manejo ganadero en la región.
- Realizar una campaña especial de difusión y educación ambiental, con el propósito de informar a los habitantes de la región sobre este tema.
- Implementar el protocolo de monitoreo en campo para continuar con la obtención de información científica que permita definir de manera colegiada los siguientes pasos para la atención al puma y otros depredadores silvestres.
- Vigilancia permanente en la región por parte de las autoridades correspondientes.

En respuesta a estas recomendaciones, el gobierno estatal ha organizado talleres de educación ambiental en las comunidades afectadas, para difundir la importancia de manejar adecuadamente al ganado para prevenir ataques. Adicionalmente, reemplazó los ejemplares perdidos e instaló corrales para la contención del ganado caprino, y promovió el pago del seguro ganadero de la CNG. Cabe destacar que la estrategia recomendada ha sido implementada rápidamente, lo cual es muy importante debido a la existencia de otros grandes carnívoros en el estado (p.e. oso y jaguar; Rojas-Martínez y Juárez-Casillas 2013, Rojas-Martínez *et al.* 2017, Aguilar-López *et al.* 2015, 2019). Asimismo, es relevante mencionar que esta estrategia propuesta para conservar y manejar adecuadamente la fauna silvestre—especialmente especies como el puma que ha sido considerado un asiduo depredador de animales domésticos—es única y posiblemente pionera a nivel estatal en México, por lo que destaca la visión del Gobierno del Estado que conjuntó esfuerzos federales, estatales y de la academia, y será importante mantener dicho vínculo para conservar la biodiversidad en Hidalgo.

Referencias

- Aguilar-López, M., J. Ramos-Frías, A.E. Rojas-Martínez y C. Cornejo-La Torre. 2015. First records of jaguar (*Panthera onca*) from the state of Hidalgo, México. *Western North American Naturalist* 75(4):520-525.
- Aguilar-López, M., J.L. Monter-Vargas, C. Cornejo-La Torre y A. Hernández-Saint Martin. 2019. First photo evidence of the American black bear (*Ursus americanus*) in the southwestern limit of its distribution. *Western North American Naturalist* 79(1):124-129.
- Beck, T., J. Beecham, P. Beier *et al.* 2005. *Guía de manejo de puma*. Wild Futures, Quebec.
- Chávez, T.J.C. 2005. *Puma concolor* (Linneus, 1771). En: *Los*

- mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). FCE/CONABIO, México, pp. 364-367.
- Chávez, T.J.C., M. Aranda y G. Ceballos. 2005. *Panthera onca* (Linnaeus, 1758). En: *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.). FCE/CONABIO, México, pp. 367-370.
- Crawshaw, P.G. y H. Quigley. 2002. Hábitos alimentarios del jaguar y el puma en el pantanal, Brasil, con implicaciones para su manejo y conservación. En: *El jaguar en el Nuevo Milenio*. R.A. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewics et al. (eds.). FCE/UNAM/Wildlife Conservation Society, México, pp. 223-235.
- Hornocker, M.G. 1970. An analysis of mountain lion predation upon mule deer and elk in the Idaho primitive area. *Wildlife Monographs* 21:3-39.
- Mazzoli, M., M.E. Graipel y N. Dunstone. 2002. Mountain lion depredation in southern Brazil. *Biological Conservation* 105:43-51.
- Mejenes-López, S.M.A., M. Hernández-Bautista, J. Barragán-Torres y J. Pacheco Rodríguez. 2010. Los mamíferos en el estado de Hidalgo, México. *Therya* 1(3):161-188.
- Polisar, J., I. Maxit, D. Scognamillo et al. 2003. Jaguars, pumas, their prey base and cattle ranching: ecological interpretations of management problem. *Biological Conservation* 109(2):297-310.
- Rojas-Martínez, A.E. y L.A. Juárez-Casillas. 2013. Primer registro de oso negro americano (*Ursus americanus*) para el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(3):1018-1021.
- Rojas-Martínez, A.E., M. Aguilar-López y B. Muñoz-Vázquez. 2013. Cuidados maternos y registros recientes de puma (*Puma concolor*) y gato montés (*Lynx rufus*) en el estado de Hidalgo, México. *Therya* 4(3):565-573.
- Rojas-Martínez, A.E., M. Aguilar-López, J.M. Castillo-Cerón et al. 2017. Los mamíferos del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 559-577.
- Rojas-Martínez, A.E. y P. Soriano-Varela. 2018. El puma (*Puma concolor*) en un ambiente antropizado dentro de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. En: *Ecología y conservación de fauna en ambientes antropizados*. A. Ramírez-Bautista y R. Pineda-López (eds.). REFAMA/CONACYT/ Universidad Autónoma de Querétaro, México, pp. 5-18.
- Rosas-Rosas, O.C., R. Valdez y L.C. Bender. 2008. Jaguar and puma predation on cattle calves in northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology and Management* 61(5):554-560.
- Rosas-Rosas, O.C. y R. Núñez-Pérez. 2015. Jaguar y puma. En: *Ecología, aprovechamiento y manejo de fauna silvestre en México*. R. Valdez y J. Alfonso Ortega (eds.). Colegio de Postgraduados, Texcoco, pp. 315-338.
- Saunders, N.J. 2005. El ícono felino en México. Fauces, garras y uñas. *Arqueología Mexicana* 12(72):13-47.
- Torres, S.G., T.M. Mansfield, J.E. Foley et al. 1996. Mountain lion and human activity in California: testing speculations. *Wildlife Society Bulletin* 24(3):451-460.
- Yara-Ortiz, D.C., E.Y. Galindo-Espinosa, K.A. Gutiérrez-Díaz et al. 2009. *Plan de manejo regional para la conservación del puma o león de montaña (Puma concolor) en el departamento del Tolima*. Universidad de Tolima, Colombia.
- Zarco-González, M.M. y O. Monroy-Vilchis. 2014. Effectiveness of low-cost deterrents in decreasing livestock predation by felids: a case in Central Mexico. *Animal Conservation* 17(4):371-378.



ESTUDIO DE CASO

La laguna de Tecocomulco

Gabriel Espinosa Pineda
«Para Paola»

Introducción

El antiguo sistema lacustre de la Cuenca de México, conformado por los grandes lagos de Chalco, Xochimilco, Texcoco, Xaltocan y Zumpango, estuvo conectado a otros lagos más pequeños, como los de Apan, Tochac y Tecocomulco. En conjunto, integraban un enorme sistema con una gran diversidad de hábitats y cerca de mil kilómetros cuadrados de superficie con más de mil kilómetros de litorales (Espinosa-Pineda 1996). La mayoría de esos lagos han desaparecido o se encuentran muy deteriorados, y pocos mantienen regiones menos perturbadas. Sólo la laguna de Tecocomulco presenta un

aspecto relativamente semejante al que debió tener antes de la Conquista (figura 1).

Esta laguna ha sido reconocida como una zona de interés mundial, declarada área de importancia para la conservación de las aves (AICA) y humedal de importancia internacional (denominados sitios Ramsar; SISR 2019); asimismo, es la última reliquia de aquel sistema de lagos que fue de gran importancia para el desarrollo de Mesoamérica. En torno a ella se han desarrollado diversas investigaciones por académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Posgraduados (FIR 2012), así como actividades académicas y de difusión, además de recibir la atención del sector oficial.¹

La historia de esta laguna ha sido muy semejante a la del resto del sistema lacustre de la Cuenca de México: fueron lagos más profundos cuyos límites fluctuaban, extendiéndose en la época de lluvias y retrayéndose durante la de secas. Además de este ritmo estacional, en períodos más largos la extensión del sistema lacustre crecía o decrecía: había ciclos de varios años secos, alternando con lustros o décadas con abundancia de lluvia; otros ciclos han sido aún más extensos. Este comportamiento se ha observado en la laguna de Tecocomulco a lo largo de su existencia durante miles de años (Caballero *et al.* 1999, Roy *et al.* 2009), décadas (Lanza-Espino *et al.* 2011), e incluso durante un mismo año.² En los últimos tres mil años, las condiciones de este cuerpo lacustre habían sido muy favorables para la vida acuática y para los grupos humanos que aprendieron a convivir con ella y aprovechar sus recursos.

Biodiversidad e importancia cultural de la laguna

En pleno siglo XXI, todavía es posible observar en Tecocomulco algunas especies que fueron particularmente importantes en tiempos prehispánicos,

1 La Comisión de Cuenca de la Laguna de Tecocomulco, junto con los pobladores y las instancias de gobierno local, han organizado diversas acciones para conservar la Laguna, publicadas en su sitio <http://www.monroban.org/es/annuaire/details/41>.

2 Las fluctuaciones naturales del nivel del agua ocurren durante la temporada de lluvias después de una abundante precipitación pluvial; el área máxima en un año puede ser de hasta 5 300 ha y la mínima de 1 500 ha (FIR 2012).

Espinosa Pineda, G. 2021. La laguna de Tecocomulco. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 300-306.



Figura 1. Vista panorámica de la laguna de Tecocomulco en noviembre de 2006. Foto: Adriana Gómez Aiza.

como los chichicuilotos (*Phalaropus lobatus*, *Tringa melanoleuca*, *T. solitaria*, *Catoptrophorus semipalmatus*, *Actitis macularius*, *Calidris minutilla* y *C. bairdii*), que solían venderse como alimento, además de chorlitos (*Charadrius vociferus*), avocetas (*Himantopus mexicanus* y *Recurvirostra* spp.) y una multitud de rálidos, aves de largos dedos en las patas, que incluyen las llamadas gallinetas o gallaretas (*Porzana carolina*, *Gallinula chloropus* y *Fulica americana*) y los rascones (*Rallus limicola* y *R. longirostris*). También es posible observar martines pescadores (*Ceryle alcyon*), gaviotas (al menos *Larus delawarensis*), ibis (*Plegadis chihi*), zambullidores (*Tachybaptus dominicus*, *Aechmophorus occidentalis* y *Podiceps nigricollis*), cormoranes (*Phalacrocorax brasilianus*) y pelícanos (*Pelecanus erythrorhynchos*).

Estos tres últimos fueron aves sagradas en tiempo prehispánico, ligadas en sustancia y naturaleza a la deidad del viento Ehecatl-Quetzalcóatl, capaces

de llamar al viento en su auxilio si eran hostigadas, y hundir las canoas de los cazadores (Espinosa-Pineda 1994, 1995, 1996). También se encuentran algunas garzas de enorme importancia cultural y simbólica para las antiguas culturas, como la garza tigre (*Botaurus lentiginosus*), llamada *ateponaztli* en náhuatl, que auguraba qué tan buena o mala sería la estación húmeda; así como quince especies de patos, incluyendo el tepalcate (*Oxyura jamaicensis*), cuyo pico azul recuerda el color con que se pintaba el rostro de las imágenes de Tláloc, y se relacionaba con la lluvia. A esta lista habría que agregar otras aves, como el tordo charretero (*Agelaius phoeniceus*) y el zanate (*Quiscalus mexicanus*) que, sin ser propiamente acuáticas, habitan la transición entre tierra firme y la laguna, o “tienen conversación en el agua”, como habría dicho Sahagún (2000).

Actualmente existen cerca de 50 especies diferentes de aves acuáticas residentes y migratorias, algunas con poblaciones realmente masivas, si



Figura 2. Extensiones de tule dentro de la laguna de Tecocomulco en noviembre de 2006. Foto: Adriana Gómez Aiza.

consideramos las modestas proporciones de Tecocomulco. La gallareta común, llamada *quachilton* en náhuatl, se reporta en poblaciones de 3 mil aves en el invierno (Lanza-Espino *et al.* 2011). El pato tepalcate y la cerceta de alas azules llegan en poblaciones de 3 mil a 5 mil individuos. Considerando estas proporciones entre gallaretas y anátidos, la población de patos podría rondar las 18 mil aves. La gran mayoría de estas aves son herbívoras y requieren de la vegetación acuática, mientras que otras son carnívoras y se alimentan de peces y pequeños moluscos, crustáceos e insectos. Si se considera no sólo el área de la laguna sino toda la subcuenca que la nutre (en total 43 300 ha), se tendrían que agregar otras 78 especies de aves no acuáticas (FIR 2012), incluyendo colibríes, codornices, pájaros carpinteros, gorriones y búhos, entre otros.

Tecocomulco tiene una flora acuática que incluye al menos 35 especies pertenecientes a 21 familias (FIR 2012). Además de la flora microscópica, a simple

vista pueden percibirse extensas poblaciones de tule (sobre todo del género *Scirpus*, figura 2) que tienden a cubrir toda la extensión de la laguna, constituyendo el alimento y refugio de varias especies. Las plantas de los géneros *Najas* y *Potamogeton*, así como diversas lemnáceas (Lemnoideae) y el chillillo (*Polygonum* sp.), entre otras, constituyen un alimento importante para los patos.

Bajo el agua, se puede suponer un mundo intrincado, rico en larvas de insectos (p.e. escarabajos, chinches, libélulas), crustáceos y otros organismos que sirven de alimento a los grupos de aves, incluyendo peces de tamaño considerable (aunque de especies introducidas, particularmente dos subespecies de la carpa *Ciprinus carpio*), además de pecillos menores, que son el alimento de aves tan grandes como los garzones y pelícanos, configurando una extensa red alimenticia.

En la laguna aún pueden verse ejemplares endémicos como el ajolote (*Ambystoma mexicanum*) y



Figura 3. Cambios de nivel del agua, dentro de la laguna de Tecocomulco en noviembre de 2006. Foto: Adriana Gómez Aiza.

sobrevivientes de la rana original de la cuenca (*Rana montezumae*), ambos considerados en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 bajo algún grado de amenaza (en peligro de extinción y sujeta a protección especial, respectivamente; SEMARNAT 2010). Adicionalmente es posible encontrar otros anfibios, y en las proximidades de la laguna existe una importante variedad de reptiles y mamíferos, entre ellos camaleones (*Phrynosoma orbiculare*), comadrejas (*Mustela frenata*), armadillos (*Dasypus novemcinctus*), tlacuaches (*Didelphis marsupialis*) y tuzas (*Cratogeomys* spp.).

En Tecocomulco pudo tener lugar parte del proceso prehistórico de sedentarización, pero también se establecieron culturas arqueológicas e históricas, como la teotihuacana, que reconoció en este entorno una zona especial, un lugar sagrado, y levantó en las proximidades el magnífico sitio que hoy se conoce como Xihuingo (años 200 a 600; Sánchez y Salinas 2008, INAH 2020). El sitio se encuentra en el

cerro del mismo nombre, el cual delimita una parte de la cuenca de la laguna de Tecocomulco; en él se levantó una notable estructura bajo el sistema teotihuacano de talud-tablero y se esculpieron multitud de rocas que han interrogado vivamente la imaginación de muchos investigadores. Por su parte, en el otro extremo de la laguna, la abundancia de vestigios de muros, plataformas y tiestos de cerámica en sus estribaciones noroeste, permiten inferir una población numerosa hacia el momento que se conquistaba el Altiplano central, al iniciar el siglo xvi (Sánchez y Salinas 2008).

Factores de presión

La laguna de Tecocomulco es una joya natural, histórica y cultural en peligro. Los cerros que le rodean han sido alterados por la actividad humana (p.e. deforestación y erosión provocados por el mal uso de recursos). Se han perdido importantes masas de



Figura 4. Espejo de agua en la laguna de Tecocomulco en noviembre de 2006. Foto: Lucio Arenas Islas¹.

vegetación original (bosques y selvas bajas). Solo una quinta parte del área de la laguna presenta vegetación primaria o no alterada, lo que claramente impacta el hábitat de especies endémicas (Ruiz-González y Huízar-Álvarez 2005). Como resultado, las lluvias y hasta el viento desgastan cada vez más las laderas y arrastran hacia la laguna toneladas de suelos erosionados cada año, provocando su azolvamiento, la disminución de su extensión y profundidad (figura 3), y el cambio en las características fisicoquímicas del agua, con la consecuente alteración de flora y fauna que en ella residen (FIR 2012).

La situación es tan grave, que algunos investigadores han estimado la pérdida del suelo en la cuenca de la laguna en 40 mil toneladas y para antes de 2030, toda la laguna podría quedar completamente azolvada (Ruiz-González y Huízar-Álvarez 2005). En un documento oficial, el gerente operativo de la Comisión de Cuenca de la Laguna declaró que, de no revertirse los actuales niveles de erosión, la proyección de la vida útil de la laguna sería hasta el año

2119, situación que podría exacerbarse y acotar el periodo a solo 2045 (Martínez-Parra 2009).

Esta pequeña laguna ha perdurado por milenios, ha visto nacer y morir imperios, procesos insondables de aprendizaje y sedentarización humana; ha sufrido la erosión de los cerros, el desgaste de la tierra, la construcción de canales para drenarla, la introducción de especies exóticas y la desaparición de muchas otras; ha resistido los venenos herbicidas, insecticidas y abonos químicos. A fin de cuentas, todo esto es producto de un aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales: la deforestación, el pastoreo desmedido, la tendencia a sustituir toda vegetación y terreno posible por tierras de cultivo, incluyendo áreas de la laguna cuando se producen años de contracción hídrica. Particularmente dañino ha sido un canal de desagüe que impidió la evolución natural de este cuerpo de agua. Arellano y Rojas escribían en 1956:

«...todavía en años recientes la laguna era muy extensa y de profundidad no despreciable. Sin embargo,

ahora sólo quedan restos de aquel gran depósito, pues el Gobierno durante el periodo comprendido entre el 1º de julio de 1952 al 30 de junio de 1953 mandó construir la ampliación de un canal de drenaje en el lado sur... de manera que ya se ha ido secando artificialmente, lográndose con esto la aparición de nuevas tierras apropiadas para el cultivo... Por ahora el canal sólo ha surtido un efecto parcial y aunque las aguas han bajado de nivel, la profundidad oscila alrededor de 0.80 m.»

No es extraño que una de las más recientes y extensas publicaciones acerca de Tecocomulco lleve en su título la mención de una posible desgracia natural, *La laguna de Tecocomulco. Geoecología de un desastre* (Huízar-Álvarez et al. 2005).

Oportunidades de aprovechamiento sostenible

Algunos de los pobladores modernos mantienen su relación con la laguna, disfrutan del manjar de los batracios, usan su flora medicinal, y comparten con los visitantes su entorno. Los lugareños han empezado a organizarse para dar el servicio de paseos en lancha, de modo que cualquier persona puede embarcarse laguna adentro e imaginar por unas horas cómo era el medio ambiente que vieron los primeros pobladores de la región. Se puede imaginar lo que fue una tarde en la laguna y experimentar en carne propia cómo van cambiando los sonidos del lago, el chirriar de los insectos, los llamados de los gansos y el trinar de las riberas. Las visitas a la laguna contribuyen al sostenimiento de quienes han defendido el entorno lacustre, manteniéndolo como su forma de vida para disfrutar la última reliquia del joyero que alguna vez fue la Cuenca de México (figura 4).

Hogar de multitud de aves, la laguna ofrece sus caracolillos, sus pequeños crustáceos, las raíces de sus plantas, sus hojas, las mil sustancias de su jardín; sigue produciendo ungüentos que sanan, medicinas que ya casi nadie usa; canta, grazna, crasita, zumba, anuncia ciclos meteorológicos, cambios en el entorno. Sigue hablando la lengua que otros comprendieron y hallaron significativa; ella no va a callar. Hasta el último ajolote que viva, cuando se vaya la última

garza, cuando ya todo en ella sea polvo, quizás entonces todavía se escuche el eco del agua. Hoy todavía está aquí, en un sentido, más bella que nunca.

Conclusiones

En Mesoamérica el agua era visualizada como una deidad, cuyo papel era producir abundancia, hacer brotar las más diversas criaturas de su matriz acuática. El lago de Tecocomulco, agredido desde todos los flancos, drenado y alterado, sigue persistiendo. Aunque parte de esta cultura se ha perdido junto con los grandes lagos, hoy queda la voluntad de preservar el último sobreviviente de esta historia, el testigo vivo de lo que fue aquel pasado remoto. Hoy los habitantes en torno a la laguna de Tecocomulco y sus aliados luchan por mantener este pequeño paraíso, y la forma de vida de sus habitantes, ligada al agua. No son caprichos ni apegos, sino una manera de vincularse con su entorno, de vivir y convivir en ese contexto.

Conservar esa visión es vital para la laguna y para las especies que de ella dependen, incluyéndonos. Entre algunas alternativas para su conservación podrían considerarse programas integrales de restauración de ecosistemas lacustres, de manejo y aprovechamiento de especies invasoras, de manejo y reciclado de desechos para ambientación en centros de atención al público, de cooperativas cinegéticas y de capacitación en turismo ecológico.

Hacen falta nuevos esfuerzos en el estudio de las especies animales y vegetales de la laguna, con criterios incluyentes. Generalmente no se realizan censos de poblaciones que no sean, por ejemplo, de importancia cinegética, de modo que es difícil estimar el número total de aves en la laguna. Se puede considerar sin problema que en ciertos momentos la población total podría llegar a varias decenas de miles; no obstante, para diagnósticos más certeros se requieren investigaciones detalladas.

Hacia el pasado no pueden mejorarse los censos y recuentos; los registros de las especies que han poblado o allí paran estacionalmente. Debemos fomentar que esto no siga repitiéndose. Si podemos pensar modelos capaces de extrapolar e interpolar tendencias hacia la antigüedad, basándose en estudios comparativos actuales, qué no podemos hacer hacia el futuro, con estudios mejor documentados.

Referencias

- Arellano, M. y P. Rojas. 1956 *Aves acuáticas migratorias de México*. Vol I. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Caballero, M., S. Lozano, B. Ortega *et al.* 1999. Environmental characteristics of Lake Tecocomulco, Northern Basin of Mexico for the last 50,000 years. *Journal of Paleolimnology* 22:399-411.
- Espinosa-Pineda, G. 1994. Las aves acuáticas, un medio prehispánico de interpretación del cosmos. *Ciencias* 34:17-22.
- _____. 1995. Los rostros del Lago: el ecosistema en la cosmovisión mexicana. En: *Coloquio Cantos de Mesoamérica. Metodologías científicas en la búsqueda del conocimiento prehispánico*. UNAM, México, pp. 87-95.
- _____. 1996. *El Embujo del Lago. El sistema lacustre de la Cuenca de México en la cosmovisión mexicana*. UNAM, México.
- FIR. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. 2012. *Humedales mexicanos de importancia internacional*. En: <<http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>>, última consulta: 7 de marzo de 2014.
- Huízar-Álvarez, R., E.J. Jiménez-Fernández y C. Juárez-López (eds.). 2005. *La Laguna de Tecocomulco. Geoecología de un desastre*. Publicación especial 3. Instituto de Geología-UNAM, México.
- INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. *Zona Arqueológica Tepeapulco o Xihuingo*. En: <<https://www.inah.gob.mx/zonas/82-zona-arqueologica-tepeapulco-o-xihuingo>>, última consulta: enero de 2020.
- Lanza-Espino, G., G. Gómez-Rodríguez, A. Islas-Islas *et al.* 2011. Analysis of the effect of El Niño and La Niña on Tecocomulco Lake, Central Basin, Mexico. *Hidrobiológica* 21(3):249-259.
- Martínez-Parra, J. 2009. *Actores clave en la consolidación de la base social: Cuenca de la Laguna de Tecocomulco*. En: <http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_cco_jmartinez.pdf>, última consulta: 30 de marzo de 2014.
- Roy, P.D., M. Caballero, R. Lozano *et al.* 2009. Late Pleistocene-Holocene geochemical history inferred from Lake Tecocomulco sediments, Basin of Mexico, Mexico. *Geochemical Journal* 43:49-64.
- Ruiz-González, J.E. y R. Huizar-Álvarez. 2005. La erosión en la subcuenca de Tecocomulco. En: *La Laguna de Tecocomulco*. R. Huizar-Álvarez, E.J. Jiménez-Hernández y C. Juárez-López (eds.). Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 73-88.
- Sahagún, B. 2000 *Historia de las cosas de Nueva España*. Libro XI. CONACULTA, México.
- Sánchez, S. y R. Salinas. 2008 Arqueoastronomía prehispánica en Tepeapulco: el calendario de horizonte. En: *Tepeapulco región en perspectiva*. A. Morales Damián (coord.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Plaza y Valdés, México, pp. 43-68.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- SISR. Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. 2019. *Laguna de Tecocomulco*. En: <<https://rsis.ramsar.org/es/rs/1322>>, última consulta: diciembre de 2019.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

Área de forrajeo de una colonia de maternidad del murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) en el centro de México

Alberto Enrique Rojas Martínez, Olivia Noguera Cobos, Josefina Ramos-Frías, Melany Aguilar López y Génesis Mejía Vera



Figura 1. Murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) en Pachuca. Foto: Alberto E. Rojas Martínez.

Introducción

El murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*) se alimenta de néctar y polen de los agaves (figura 1; Álvarez y González-Quintero 1970). Es una especie que migra desde el centro de México hasta el suroeste de los Estados Unidos, lo que implica un recorrido de más de 1 200 km (Hensley y Wilkins 1988, Arita 1991, Fleming y Eby 2003, Moreno-Valdez *et al.* 2004). La migración se lleva a cabo durante la primavera y el verano, para reproducirse en el norte y regresar nuevamente en los meses del otoño, para pasar el invierno en México (Easterla 1972, USFWS 1994).

En el norte de su distribución, esta especie establece colonias de maternidad donde las hembras se reúnen para dar a luz y alimentar a sus crías (Easterla 1972, 1973). Cuando las crías son capaces de volar, son destetadas y entrenadas para salir a alimentarse como individuos independientes, y entonces se disgrega la colonia. Cabe destacar que sólo se conocen dos refugios de maternidad a lo largo de su distribución en Norteamérica: cueva de Emory, dentro del Big Bend National Park en Texas (Estados Unidos; Borell y Bryant 1942, Easterla 1972); y la cueva del Diablo en Nuevo León (México; Moreno-Valdez *et al.* 2004).

Rojas-Martínez, A.E., O. Noguera-Cobos, J. Ramos-Frías, M. Aguilar-López y G. Mejía-Vera. 2021. Área de forrajeo de una colonia de maternidad del murciélago magueyero mayor (*Leptonycteris nivalis*), en el centro de México. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 308-313.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

La especie está considerada amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la disminución de sus poblaciones a lo largo de su área de distribución (USFWS 1994, Ammerman *et al.* 2009, SEMARNAT 2010). Adicionalmente, ha sido considerada rara en la naturaleza, debido a su baja densidad en los lugares en los que habita (Arita y Santos del Prado 1999). La conservación de las especies de murciélagos en algún estatus de protección requiere del conocimiento y el resguardo de sus principales refugios (particularmente los de maternidad), así como conocer y conservar los componentes de su alimentación y los ecosistemas en los que se alimentan (USFWS 1994, Moreno-Valdez *et al.* 2004, England 2012).

Existen algunos estudios de las colonias de maternidad de la especie respecto a la época en la que se establecen, su tamaño, fluctuaciones anuales e información sobre el área en la que forrajean (Easterla 1972, 1973, Moreno-Valdez *et al.* 2004, Amerman *et al.* 2009, England 2012). Por su parte, el escaso conocimiento que se tiene sobre la crianza permite sospechar que, además de las cuevas de maternidad, las hembras de *L. nivalis* establecen áreas donde sólo forrajean hembras en proceso de maternidad, como las reportadas para la especie hermana *L. yerbabuena* en Arizona y Texas (Cockrum 1991). En este sentido, sólo se conoce un estudio en el que se mide la extensión en la que forrajea una colonia de maternidad de *L. nivalis* en el estado de Nuevo León (estimada en 50 km a la redonda); sin embargo, en ella también se alimentan machos adultos de la especie (Moreno-Valdez *et al.* 2004).

Área de estudio

El presente estudio fue realizado dentro del Parque Ecológico de Cubitos (PEC), localizado en la ciudad de Pachuca a los 20°06'33" N y 98°45'00" O (figura 2). En este lugar se encuentra el área verde protegida más grande de la ciudad capital (90.4 ha), en donde predomina un matorral xerófilo crasicaule dominado por nopales y agaves. En el jardín botánico de este parque se han sembrado diferentes especies de agaves provenientes del estado, que florecen¹ secuencialmente (*Agave xylonacantha*, *A. lechuguilla*, *A. pilosa*, *A. salmiana*, *A. celsii* y *A. striata*),

desde marzo hasta octubre. Las especies más abundantes en el parque son el maguey pulquero (*A. salmiana*, sembrado también en zonas con matorral xerófilo) y el ixtle (*A. lechuguilla*, una especie abundante y nativa de la zona). Estas especies florecen entre los meses de abril hasta septiembre y de junio hasta octubre, respectivamente.

Para el estudio de *L. nivalis* se desarrollaron muestreos durante 23 noches distribuidas a lo largo de nueve años (2004 al 2012), empleando seis redes de 12 m de largo por 2.5 m de alto cada vez. Los murciélagos capturados fueron agrupados por edad, sexo y condición reproductiva, para analizar la estructura de su población. Debido a que el trabajo de captura no fue sistemático, los datos tomados cada mes fueron sumados para establecer una tendencia.

El murciélago magueyero mayor en Hidalgo

Este es el primer informe en el que se documenta la presencia de un área de forrajeo dentro de Hidalgo para hembras reproductivas de la especie *L. nivalis*. Los resultados encontrados en este trabajo también representan la primera descripción de la estructura poblacional de una colonia de maternidad, en la que las madres conforman casi la mitad de los individuos capturados, y los individuos jóvenes de ambos sexos conforman la parte restante de la población.

En total se capturaron 120 murciélagos: 89 hembras (61 adultas y 28 jóvenes) y 31 machos (4 subadultos y 27 jóvenes). Las capturas muestran un comportamiento anual cíclico, con capturas a partir del mes de abril y con la mayor presencia en junio y julio; además, se identificó que los murciélagos se retiran de la zona durante el mes de agosto (figura 3). La estructura de la población capturada a lo largo de nueve años indica que 74.2% de las capturas totales fueron hembras (44.2% hembras adultas en proceso de crianza, 6.7% estaban inactivas y 23.3% fueron jóvenes). Los machos representaron 25.8% de las capturas (22.5% fueron jóvenes y 3.3% subadultos).

Existen registros de muy pocas capturas de machos adultos en los alrededores de la cueva de

¹ Las flores de maguey son conocidas comúnmente como gualumbos.

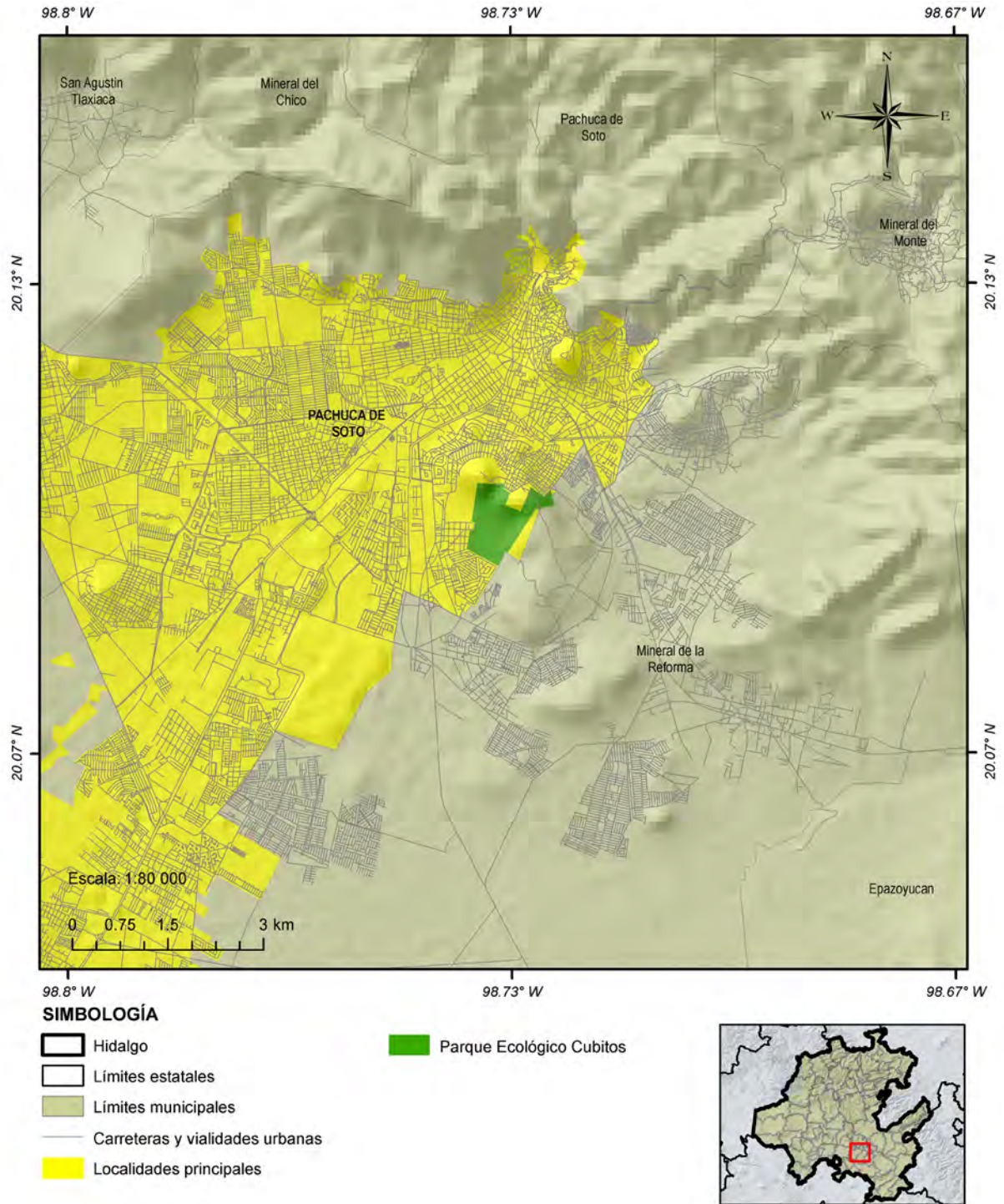


Figura 2. Ubicación del Parque Ecológico de Cubitos (PEC), en Pachuca. Fuente: elaboración propia.

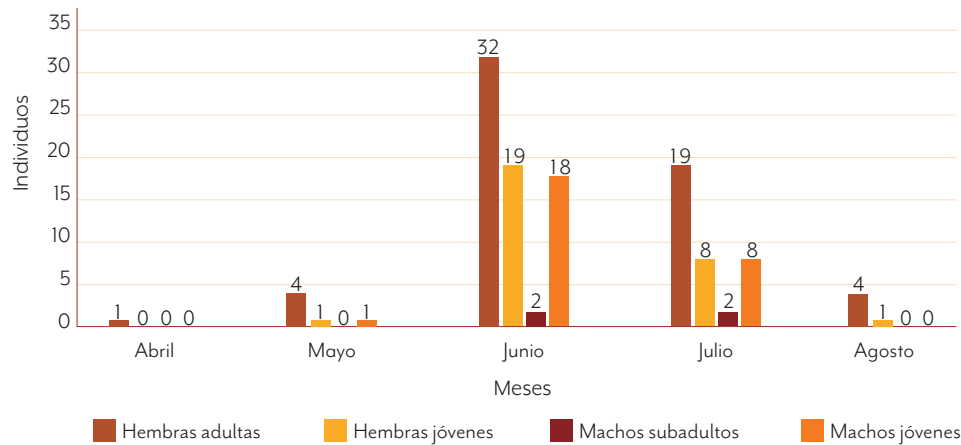


Figura 3. Estructura de la colonia de maternidad capturada en el Parque Ecológico de Cubitos (PEC). Fuente: elaboración propia.

Emory (en el Big Bend National Park, Texas; Easterla 1973); en contraste, otros estudios sugieren que, en el norte de la distribución de la especie, las áreas de alimentación de las hembras en maternidad son compartidas con machos adultos (Easterla 1972, Moreno-Valdez *et al.* 2004, England 2012). Si bien se registró la presencia de machos subadultos dentro del PEC, es probable que se alimenten temporalmente en la zona de estudio, o bien que sean individuos que nacieron en la temporada. En este trabajo se pudo observar que los jóvenes forrajean en los mismos sitios que sus madres, contrario a lo registrado por England (2012) quien, a partir del uso de la radiotelemetría, encontró que los jóvenes tenían áreas de forrajeo mayores a las hembras adultas, debido a su necesidad de reconocer el ambiente y de formar mapas de navegación (Hamilton y Barclay 1998, Racey y Swift 1985). Esta diferencia probablemente se debe a que los jóvenes que siguen a las hembras en el PEC podrían estar aprendiendo a alimentarse y realizan los primeros vuelos fuera de la colonia, a diferencia de los jóvenes que se han independizado de su madre y que son capaces de volar y alimentarse independientemente.

La cantidad de hembras reproductivas capturadas es un acontecimiento imprevisto en Hidalgo, debido a que se encuentran aproximadamente a 600 km al sur del refugio de maternidad más cercano conocido (Cueva del Diablo en Nuevo León; Moreno-Valdez *et al.* 2004). La ecología de esta especie había sido interpretada hasta ahora bajo el

postulado de que migra cada año hasta el norte de su distribución para establecer colonias de maternidad (Easterla 1972, USFWF 1994, Moreno-Valdez *et al.* 2004, Ammerman *et al.* 2009, England 2012), debido a la escasez de recursos alimenticios que se supone ocurren en el sur de su distribución durante la primavera y el verano (Easterla 1973). Sin embargo, en esta temporada en Hidalgo, la floración del maguey pulquero (*A. salmiana*) es un recurso silvestre abundante.

Las redes colocadas en las cercanías de los agaves que florecen entre abril y septiembre capturaron a las hembras en proceso de maternidad y a los jóvenes alimentándose de estos agaves. Hasta ahora, todas las capturas de hembras gestantes, lactantes o poslactantes, además de las capturas de jóvenes, eran conocidas sólo en el norte de la distribución de la especie (Easterla 1972, 1973, Moreno-Valdez *et al.* 2004, Ammerman *et al.* 2009, England 2012), asociadas con los refugios de maternidad de Texas y Nuevo León (Borell y Bryant 1942, Easterla 1972, Moreno-Valdez *et al.* 2004). La estructura poblacional observada indica que las hembras dentro del PEC provienen de alguna colonia de maternidad cercana, situada probablemente dentro de un radio de 50 km alrededor del refugio, como ocurre en la Cueva del Diablo (Moreno-Valdez *et al.* 2004).

La presencia de una zona de forrajeo en esta latitud indica la existencia de una colonia de maternidad desconocida en la región, y pone en duda la necesidad de la especie de viajar hasta el norte de

México para encontrar alimento y reproducirse, por lo que obliga a revisar la hipótesis migratoria de la especie. Rojas-Martínez y colaboradores (1999) documentaron la existencia de poblaciones residentes en el inter-trópico de la especie hermana *L. yerbabuena*, que no migran hacia el norte para reproducirse, como se pensaba hace 20 años. Es probable que el escaso conocimiento que se tiene sobre la ecología de *L. nivalis* oculte una situación similar.

Conclusiones y recomendaciones

Los datos obtenidos en esta investigación aportan información importante sobre aspectos de la biología reproductiva y ecología de la especie. Por ejemplo, se confirma que las hembras que se encuentran criando realmente establecen sitios de forrajeo exclusivos en los que no se encuentran machos adultos, probablemente para evitar la competencia por los recursos florales de la zona (Tuttle y Moreno 2005), pues las hembras que están amamantando tienen una doble demanda energética que deben obtener de su alimento (England 2012).

Por su parte, si bien el PEC probablemente es sólo una pequeña parte del área de alimentación de esta colonia, representa un espacio conocido al que cada año llegan las hembras en proceso de maternidad para alimentarse de un recurso seguro y abundante dentro del parque: las floraciones de agaves. En este sentido, Hidalgo constituye un sitio relevante para la conservación de *L. nivalis*. Sin embargo, es fundamental proteger la sincronización que muestra la llegada de hembras provenientes de la colonia

de maternidad con la floración del maguey pulquero, ya que en Pachuca (y en las ciudades vecinas) las inflorescencias del maguey se utilizan para la alimentación humana. Lo anterior obliga a las hembras a buscar nuevos lugares de alimentación, con la finalidad de obtener los recursos necesarios para su nutrición y la de sus crías.

Cabe destacar que el municipio Mineral de la Reforma se ha sensibilizado con esta problemática y ha sembrado en los últimos años más de mil agaves en los camellones que conducen hacia la ciudad de Pachuca (obs. pers.). La reforestación con maguey pulquero en las ciudades cercanas es una acción que puede contribuir a la conservación de esta colonia de maternidad, promoviendo al maguey pulquero como una planta ornamental en las áreas suburbanas y urbanas dentro de los camellones y jardines de la ciudad, incluyendo los particulares.

Tanto el murciélago magueyero mayor como los magueyes pulqueros podrían adoptarse como especies emblemáticas de los municipios Pachuca y Mineral de la Reforma. El murciélago magueyero mayor es una especie amenazada, que tiene establecida en el estado la tercera colonia de maternidad conocida en su área de distribución; además, es de alta importancia ecológica, pues poliniza más de 31 especies vegetales (Sánchez y Medellín 2007), entre ellas el maguey pulquero, que a su vez presenta gran importancia económica y cultural, con múltiples usos tradicionales en Hidalgo (p.e. alimento, vestido, construcción y producción de bebidas alcohólicas).

Referencias

- Álvarez, T. y L. González-Quintero. 1970. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 18:137-165.
- Ammerman, L.K., M. McDonough, N.I. Hristov y T.H. Kunz. 2009. Census of the endangered Mexican long-nosed bat *Leptonycteris nivalis* in Texas, USA, using thermal imaging. *Endangered Species Research* 8:87-92.
- Arita, H.T. 1991. Spatial segregation in long-nosed bats, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae*, in Mexico. *Journal of Mammalogy* 72(4):706-714.
- Arita, H.T. y K. Santos del Prado. 1999. Conservation biology of nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy* 80(1):1-31.
- Borell, A.E. y M.D. Bryant. 1942. Mammals of the Big Bend area of Texas. *University of California Publications in Zoology* 48(1):1-62.
- Cockrum, E.L. 1991. Seasonal distribution of northwestern populations of the long-nosed bats, *Leptonycteris sanborni* family Phyllostomidae. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Zoología* 62(2):181-202.
- Easterla, D. 1972. Status of *Leptonycteris nivalis* (Phyllostomidae) in Big Bend National Park, Texas. *Southwestern Naturalist* 17:287-292.

- Easterla, D. 1973. Ecology of the 18 species of Chiroptera at Big Bend National Park, Texas; part II. *Northwest Missouri State University Studies* 34(2-3):54-165.
- England, A.E. 2012. *Pollination ecology of Agave palmeri in New Mexico, and landscape use of Leptonycteris nivalis in relation to Agaves*. Tesis de doctorado en biología. The University of New Mexico, Estados Unidos.
- Fleming, T.H. y P. Eby. 2003. Ecology of bat migration. En: *Bat ecology*. T.H. Kunz y M.B. Fenton (eds.). University of Chicago Press, Estados Unidos, pp. 156-208.
- Hamilton, I.M. y R.M.R. Barclay. 1998. Ontogenetic influences on foraging and mass accumulation by big brown bats (*Eptesicus fuscus*). *Journal of Animal Ecology* 67(6):930-940.
- Hensley, A.P. y K.T. Wilkins. 1988. *Leptonycteris nivalis*. *Mammalian Species* 307:1-4.
- Moreno-Valdez, A., R.L. Honeycutt y W.E. Grant. 2004. Colony dynamics of *Leptonycteris nivalis* (Mexican long nosed bat) related to flowering agave in north Mexico. *Journal of Mammalogy* 85(3):453-459.
- Racey, P.A. y S.M. Swift. 1985. Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vesperilionidae) during pregnancy and lactation. I. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology* 54:205-215.
- Rojas-Martínez, A.E., A. Valiente-Banuet, M. del C. Arizmendi et al. 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: Does a generalized migration pattern really exist? *Journal of Biogeography* 26(5):1065-1077.
- Sánchez, R. y R. A. Medellín. 2007. Food habits of the threatened bat *Leptonycteris nivalis* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a mating roost in Mexico. *Journal of Natural History* 41(25-28):1753-1764.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Tuttle, M. y A. Moreno. 2005. *Murciélagos cavernófilos del Norte de México. Su importancia y problemas de conservación*. Bat Conservation International, Estados Unidos.
- USFWS. United States Fish and Wildlife Service. 1994. *Mexican long-nosed bat (Leptonycteris nivalis) recovery plan*. USFWS, Estados Unidos.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad y conservación de los recursos fitogenéticos

Pablo Octavio Aguilar, Dulce María Galván Hernández, Mario Adolfo García Montes, Yanin Islas Barrios, Manuel Alejandro Macedo Villarreal, Raúl Ortiz-Pulido, Arturo Sánchez González, Alejandra Serrato Díaz y Luis Alberto Islas-Tello

Introducción

Los recursos genéticos, representados por la variedad de rasgos entre los individuos y poblaciones de una especie (p.e. razas en pollos, tipos de agaves pulqueros, variedades de uvas), constituyen una fuente importante para la gestión y manejo de la biodiversidad. A mayor variación entre individuos, mayor potencial de adaptación y respuesta tiene una población ante los cambios en el ambiente; es por ello que la diversidad genética está directamente relacionada con el potencial evolutivo de las especies (Lande 1988).

Contar con indicadores de la variación genética entre individuos y entre poblaciones hace factible identificar: 1) poblaciones con mayor diversidad genética como fuentes de uso potencial; 2) amenazas puntuales a aquellos individuos poco representados o con baja diversidad; y 3) riesgos a mediano y largo plazo, enfocados en la pérdida o extinción de poblaciones (Hughes *et al.* 2008). Los mejores indicadores son aquellos que muestran todas las variantes (alelos) contenidas en una población e identifican aquellas exclusivas, es decir, que no se encuentran en ninguna otra localidad. Por ejemplo, el tipo sanguíneo presenta tres variantes alélicas: A, B y O; por lo tanto, un buen indicador para el tipo sanguíneo es aquel que permite identificar las diferentes variantes (A, B, AB y O) presentes en una población y con ello la posibilidad de caracterizarla.

Los alelos se encuentran en diferentes proporciones en las poblaciones (frecuencias alélicas), lo que se puede medir con un coeficiente denominado F_{ST} , que representa la divergencia entre sitios; es decir, a mayor F_{ST} mayor diferenciación. Tales diferencias son consecuencia de procesos evolutivos únicos e independientes, en muchos casos alterados por el efecto del ser humano (Hartl y Clark 1997). En el presente capítulo, se muestran los avances en la evaluación de la diversidad genética de cuatro especies vegetales (diversidad fitogenética) en Hidalgo, y se identifican los principales riesgos asociados con el uso y perturbación antropogénica sobre su acervo genético (figura 1, cuadro 1).

Cedro rojo (*Cedrela odorata*)

El cedro rojo (figura 2) es una de las especies de árboles de madera preciosa con mayor valor en el mercado, por lo que ha sido aprovechado indiscriminadamente, aún cuando se encuentra incluido en el Apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2016), que se refiere a las especies protegidas en al menos un país, el cual ha solicitado el control de su tráfico internacional al resto de los países firmantes. En México se han implementado cultivos como estrategia de recuperación y se ha prohibido de la extracción de su madera en poblaciones nativas, aunque hay registros

Octavio-Aguilar, P., D.M. Galván-Hernández, M.A. García-Montes, Y. Islas-Barrios, M.A. Macedo-Villarreal, R. Ortiz-Pulido, A. Sánchez-González, A. Serrato-Díaz y L.A. Islas-Tello. 2021. Diversidad y conservación de los recursos fitogenéticos. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 315-323.

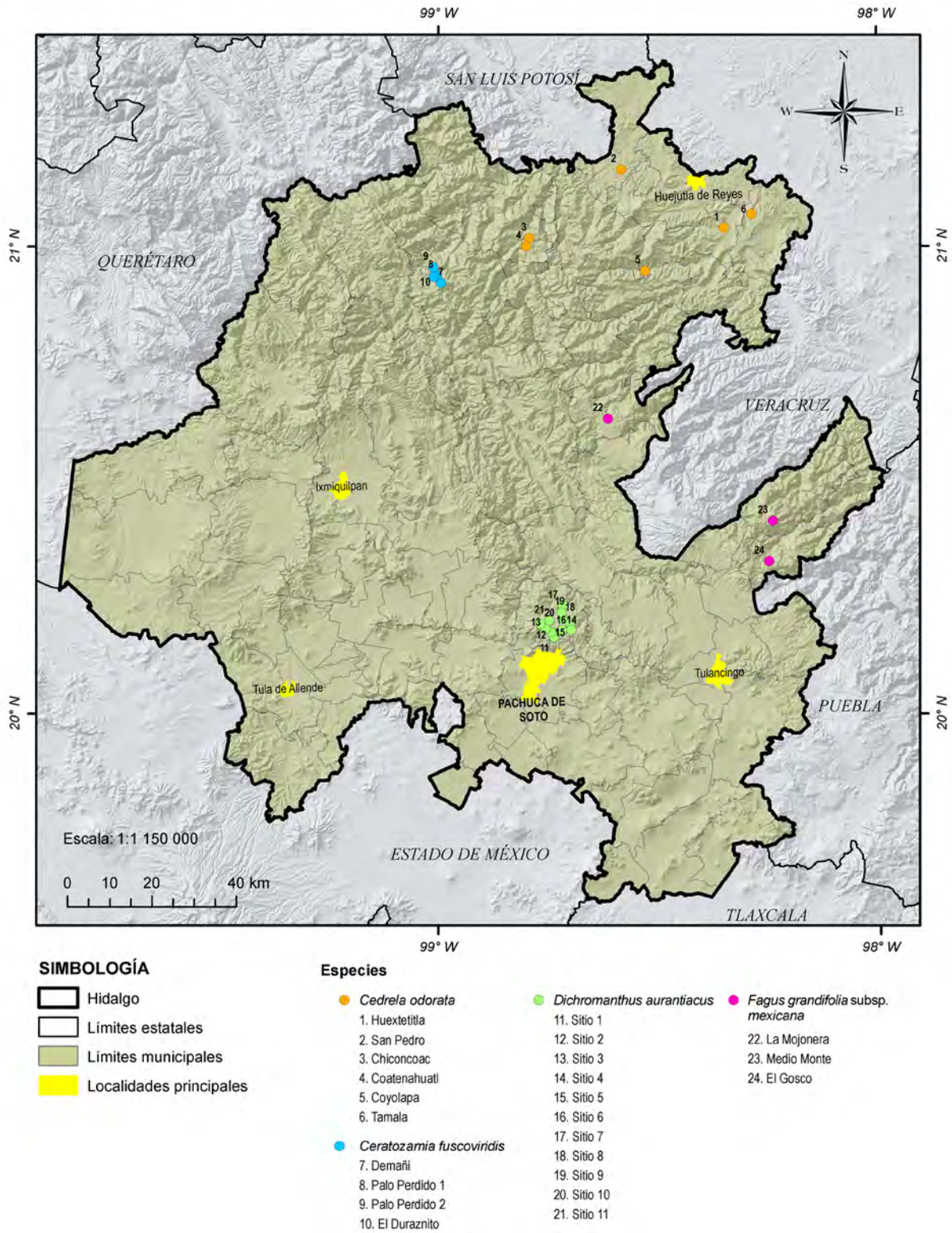


Figura 1. Ubicación geográfica de las poblaciones analizadas. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1. Sitios de colecta de muestras para las especies analizadas.

Especie	Sitio	Características
<i>Cedrela odorata</i>	Huextetitla	Cultivo con fuentes semilleras ajenas a Hidalgo
	San Pedro	Cultivo con fuentes semilleras propias de la región
	Chiconcoac	Población natural sin registro de aprovechamiento
	Coatenahuatl	Población natural sin registro de aprovechamiento
	Coyolapa	Población natural con aprovechamiento por más de 10 años
	Tamala	Población natural con aprovechamiento por más de 25 años
<i>Ceratozamia fuscoviridis*</i>	Demañi	Índice de perturbación: 3.9
	Palo Perdido 1	Índice de perturbación: 7.37
	Palo Perdido 2	Índice de perturbación: 2.32
	El Duraznito	Índice de perturbación: 5.37
<i>Dichromanthus aurantiacus</i>	Sitio 1	Zona central del Parque Nacional El Chico
	Sitio 2	Zona suroeste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 3	Zona suroeste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 4	Zona sureste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 5	Zona noreste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 6	Zona sureste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 7	Zona noreste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 8	Zona noreste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 9	Zona noreste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 10	Zona suroeste del Parque Nacional El Chico
	Sitio 11	Zona suroeste del Parque Nacional El Chico
<i>Fagus grandifolia</i> subsp. <i>mexicana</i>	La Mojonera	Municipio Zacualtipán de Ángeles
	Medio Monte	Municipio San Bartolo Tutotepec
	El Gosco	Municipio Tenango de Doria
	Volcán de Acatlán	Municipio Acatlán (Veracruz)

* Estos sitios corresponden al municipio Tlahuiltepa. El índice de perturbación fue calculado de acuerdo con el método de Martorell y Peters (2005), en escala de 0 (no perturbado) a 14 (completamente perturbado). Fuente: elaboración propia.

de explotación ilegal (Negreros-Castillo y Mize 2008, Negreros-Castillo *et al.* 2010).

Las condiciones ambientales y la historia de aprovechamiento y cultivo han sido fuentes de variabilidad¹ y estructura genética² entre las poblaciones de

cedro (Cavers *et al.* 2003). Hidalgo constituye el límite extremo norte de su distribución, por lo que es probable que las condiciones en las que se desarrollan las poblaciones no sean óptimas, como las que se presentan en la parte media de su distribución en

1 Se refiere a la variación en el material genético de una especie.

2 Distribución de la variación genética entre poblaciones.



Figura 2. Cedro rojo (*Cedrela odorata*) en su hábitat natural. Foto: Jerzy Rzedowski Rotter/Banco de imágenes CONABIO.

América. Por ello, mediante el empleo de microsatélites,³ se analizó la variabilidad y estructura genética de *C. odorata*, en seis localidades de Hidalgo: dos cultivos, dos poblaciones naturales y dos poblaciones donde se ha realizado extracción de madera (cuadro 1).

Los resultados indican que las poblaciones naturales mantienen mayor diversidad genética (estimada a partir de la heterocigosis observada H_O : 0.88 ± 0.07 , y la heterocigosis esperada H_E : 0.81 ± 0.01), presentan endogamia negativa⁴ (coeficiente de endogamia F : -0.1 ± 0.11) y su coeficiente de diferenciación es bajo (F_{ST} : 0.046). Estas características corresponden a un modelo de aislamiento geográfico, tal como se esperaría en una especie de amplia distribución.

³ Marcador molecular que mide la cantidad de veces que se repite una secuencia de nucleótidos en el DNA.

⁴ Valores negativos de endogamia indican la existencia de reproducción entre individuos no emparentados, lo que en la mayoría de los casos refleja mejor salud genética en la progenie.

⁵ Marcador molecular que mide la longitud de segmentos amplificados de DNA enmarcados por pequeñas secuencias repetidas.

Por su parte, se encontró que el aprovechamiento forestal ha disminuido la diversidad genética, sobre todo en la localidad con mayor tiempo de aprovechamiento (25 años) y con mayor extracción ilegal: Tamala (H_O : 0.82 ± 0.03 ; H_E : 0.84 ± 0.01), además de ser la única localidad donde se observa endogamia (F : 0.02 ± 0.06). Finalmente, los cultivos homogenizan la variabilidad genética, particularmente cuando las fuentes semilleras son externas a Hidalgo (cultivo de Huextetitla), debido principalmente a que sólo se emplean semillas de un número limitado de sitios. Por el contrario, un manejo adecuado en la selección de semillas (cultivo de San Pedro), el cual considera fuentes locales y varios individuos parentales, favorece una mejor representación alélica (más variedad de alelos) y una adecuada relación con las variantes de la zona de procedencia (Macedo-Villareal 2018).

Palma cícada (*Ceratozamia fuscoviridis*)

Esta especie es conocida en Hidalgo como teosintle o palma cícada (figura 3; Pulido *et al.* 2015). La planta tiene usos ornamentales y en algunas localidades sus semillas se utilizan como sustituto de maíz para hacer tortillas y tamales, aunque los pobladores mencionan que sólo en tiempo de escasez hacen este tipo de aprovechamiento (Vite *et al.* 2013). Se encuentra listada en el Apéndice I de la CITES (junto con toda la familia Zamiaceae) y se considera en peligro crítico por la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por lo que su comercio se permite sólo en circunstancias excepcionales (CITES 2003, Donaldson 2003).

La evaluación de la diversidad genética de la especie se realizó en cuatro áreas sometidas a diferente perturbación (cuadro 1), condición medida mediante el índice de Martorell y Peters (2005). Se utilizaron secuencias intergénicas simples⁵ (ISSR por sus siglas en inglés) y microsatélites. En general, las poblaciones de esta cícada presentan alta diversidad genética (H_O : 0.38 ± 0.1 , H_E : 0.73 ± 0.02 obtenidos

con microsatélites; $HE: 0.23 \pm 0.04$ obtenida con ISSR) en comparación con otras plantas de larga vida ($HE: 0.19 \pm 0.03$; Hamrick y Godt 1996).

Esta diversidad se ve condicionada por el grado de perturbación a causa de las actividades humanas, ya que el sitio en peores condiciones (Palo Perdido 1) mostró alta endogamia ($F: 0.7 \pm 0.25$), menor variación ($H_0: 0.18 \pm 0.21$) y alelos asociados a procesos de selección⁶ (locus 29 de los ISSR). En todos los casos la diferenciación genética fue alta, aún entre sitios ubicados a corta distancia ($F_{ST}: 0.141$), tal como se espera en una especie de dispersión restringida, dioica⁷ y dependiente de polinizadores específicos. Por lo anterior, el acervo genético de *C. fuscoviridis* es sensible al efecto de las actividades humanas sobre su ambiente, particularmente a la fragmentación y el aislamiento (Islas-Barrios 2016, García-Montes 2017).

Orquídea naranja (*Dichromanthus aurantiacus*)

Esta especie de orquídea terrestre, conocida como cutzis, se distribuye en elevaciones mayores a los 2 500 msnm, desde El Salvador hasta San Luis Potosí en México, particularmente en la Sierra Madre Oriental y en la Faja Volcánica Transmexicana. Se encuentra en áreas rocosas, expuestas y con cierto nivel de perturbación dentro de los bosques de coníferas (figura 4). No se considera en ninguna categoría de riesgo por su amplio intervalo de distribución (Salazar 2003). Aunado a lo anterior, los individuos se pueden propagar vegetativamente, formando amplios manchones en regiones expuestas a la radiación solar, aunque también se puede reproducir sexualmente mediante la polinización por colibríes, y la dispersión de sus semillas ocurre por viento (Figueroa *et al.* 2008). En el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, se desarrollan varias poblaciones de esta orquídea, que es una de las fuentes de alimento para los colibríes garganta azul (*Lampornis clemenciae*) y orejiblanco (*Hylocharis leucotis*).

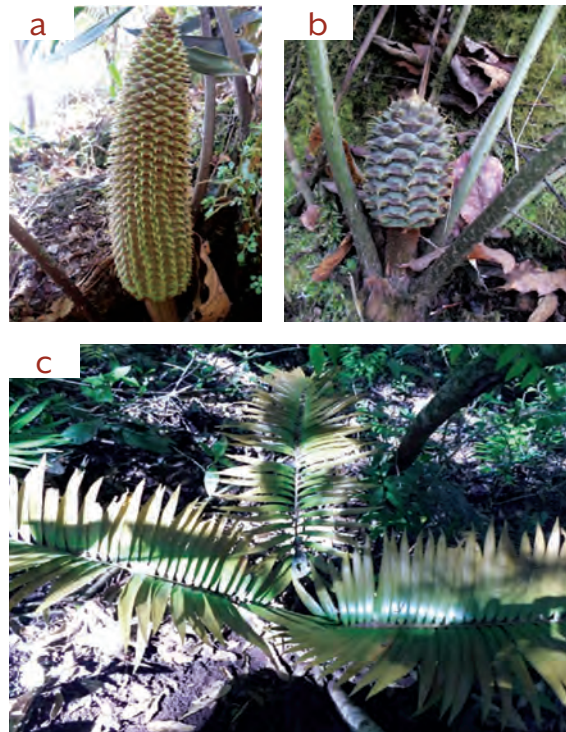


Figura 3. Palma cícada (*Ceratozamia fuscoviridis*): a) como masculino; b) como femenino; c) corona de hojas de un individuo juvenil con su característico color pardo-verdoso. Fotos: Mario Adolfo García-Montes.

En esta región se evaluó la diversidad y estructura genética de 11 manchones de vegetación mediante ISSR. Se estimaron niveles bajos de diversidad genética con alta homogeneidad⁸ en la región sur del parque ($HE: 0.05 \pm 0.06$). Las poblaciones de colibrí garganta azul en esta región son escasas, mientras que el colibrí orejiblanco, más pequeño y territorial, es abundante y aprovecha la alta densidad de individuos de la orquídea para su alimentación, lo que intensifica la endogamia⁹ para la orquídea. Las poblaciones de *D. aurantiacus* del noreste del Parque Nacional El Chico son más diversas genéticamente ($HE: 0.128 \pm 0.06$), y divergen significativamente del resto y entre sí, por lo que se consideran más heterogéneas ($F_{ST}: 0.91$). Estos resultados muestran que las poblaciones pierden

⁶ La selección favorece algunos alelos sobre otros: cuando en una población se encuentra sobrerrepresentada alguna variante, normalmente es porque los individuos que la presentan sobreviven o se reproducen con mayor frecuencia.

⁷ Que presenta sexos separados.

⁸ Se dice que una población es homogénea genéticamente cuando la mayoría de sus individuos comparten los mismos alelos.

⁹ Reproducción entre individuos emparentados.



Figura 4. Orquídea naranja (*Dichromanthus aurantiacus*). Se aprecia la forma de la flor asociada a la polinización por colibríes. Foto: Luis Alberto Islas-Tello.

diversidad genética cuando no hay un adecuado flujo génico¹⁰ y que un polinizador con mayor capacidad de dispersión incrementa el potencial evolutivo de la especie (Octavio-Aguilar *et al.* 2018).

Haya mexicana (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*)

Las poblaciones de esta especie, comúnmente conocida como haya, se distribuyen desde Canadá hasta México, aunque las del norte están aisladas desde el Plioceno, hace más de dos millones de años. Actualmente se conocen sólo siete poblaciones del taxón infraespecífico *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, restringidas a la Sierra Madre Oriental, en los estados de Hidalgo, Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz. Debido a su distribución fragmentada, alta especificidad ambiental, y vulnerabilidad al cambio climático y a las actividades humanas, esta subespecie se considera en peligro de extinción (SEMARNAT 2010, Ortiz-Quijano *et al.* 2016).

¹⁰ Migración y apareamiento de individuos entre poblaciones.

En Hidalgo se encuentran las poblaciones más grandes y mejor conservadas del país, por lo que se elaboró un análisis molecular mediante microsatélites, y se incluyó una población única de Veracruz como comparativo externo. Las poblaciones de Hidalgo presentaron mayor diversidad genética (H_O : 0.662 ± 0.075 , H_E : 0.747 ± 0.01); la población de la localidad El Gosco (Tenango de Doria) fue la más diversa (H_O : 0.744 ± 0.1 , H_E : 0.748 ± 0.03) y con menor nivel de endogamia (F : 0.014 ± 0.11). Por el contrario, la población más aislada, fragmentada y restringida en cuanto a la cantidad de individuos fue la del volcán de Acatlán (Veracruz), por lo que posee menor diversidad (H_O : 0.561 ± 0.145 , H_E : 0.705 ± 0.048 , F : 0.226 ± 0.194). Sin embargo, se debe considerar que no se observó diferenciación genética notable entre las poblaciones de Hidalgo y Veracruz (F_{ST} : 0.053), lo que sugiere un origen común. Estos resultados destacan la importancia de las poblaciones de haya presentes en Hidalgo como un centro de variabilidad genética que puede emplearse para la conservación de la especie (Galván-Hernández *et al.* 2018).

Perspectivas y conclusiones

Los resultados obtenidos son sólo una muestra de varios estudios fitogenéticos que se encuentran en proceso (cuadro 2). Actualmente se realiza la evaluación de poblaciones de magnolia (*Magnolia rzedowskiana*) en Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz; del helecho arborescente de tronco o xaxim (*Dicksonia sellowiana*) en Hidalgo y Veracruz; y de la cicada palma (*Ceratozamia latifolia*) en Hidalgo y San Luis Potosí.

Estos trabajos destacan la importancia del territorio estatal para la conservación y manejo de las especies vegetales, ya que Hidalgo cuenta con condiciones que favorecen el incremento y mantenimiento de la diversidad genética de especies nativas de importancia comercial, endémicas o de amplia distribución (Ramírez-Bautista *et al.* 2017). En general, los resultados muestran que la explotación extensiva e ilegal de los recursos, así como el uso de fuentes semilleras que provienen de otras partes del país, generan homogeneidad genética (p.e. *C. odorata*).

Cuadro 2. Indicadores de variabilidad y diferenciación genética de las especies vegetales analizadas.

Especie	Nombre común	Sitios analizados	Individuos	Herramienta molecular utilizada	HO	HE	FST	F
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro rojo	6	127	Microsatélites	0.87±0.02	0.82±0.01	0.046	-0.06±0.02
<i>Ceratozamia fuscoviridis</i>	Teosintle	4	108	Microsatélites e ISSR	0.38±0.1	0.73±0.02	0.141	0.5±0.13
<i>Dichromanthus aurantiacus</i>	Cutzis	11	99	ISSR	-	0.10±0.01	0.91	-
<i>Fagus grandifolia</i> subsp. <i>mexicana</i>	Haya mexicana	4	122	Microsatélites	0.64±0.06	0.78±0.02	0.053	0.16±0.08

HO: Heterocigosis observada; HE: heterocigosis esperada; FST: índice de diferenciación; F: coeficiente de endogamia. Fuente: elaboración propia.

Además, la fragmentación, las actividades humanas y el aislamiento geográfico incrementan los riesgos sobre el acervo genético al favorecer la endogamia y la diferenciación (como en *C. fuscoviridis* y *F. grandifolia* subsp. *mexicana*). En el caso de particular de *D. aurantiacus*, se encontró que las asociaciones bióticas y abióticas también juegan un papel relevante, al modificar los patrones de distribución de la variabilidad genética. Con esta información es factible proponer algunas estrategias de manejo particulares a las especies analizadas:

Para *Cedrela odorata*, dada la importancia del mercado de su madera, los cultivos con germoplasma de la región colectado de múltiples parentales resultan factibles a largo plazo. Sin embargo, es necesario disminuir la extracción ilegal de árboles de gran porte en condición reproductiva, que es la principal amenaza para la especie en la región.

Para *Ceratozamia fuscoviridis*, la principal amenaza es el cambio en el uso del suelo asociada a la perturbación antropogénica. No obstante, la especie es susceptible de manejo al contar con muchos individuos en la región y tener una elevada diversidad. El establecimiento de huertos semilleros resulta factible a mediano y largo plazo, sin perder de vista que el tiempo generacional estimado para el género es de 30 años. Al igual que para *C. odorata*, las fuentes de germoplasma deben ser regionales y de múltiples parentales; en este caso, la población

Palo Perdido 2 representa la zona con mejor potencial de manejo.

Para *Dichromanthus aurantiacus*, la principal amenaza es la eliminación de los polinizadores principales, lo que se asoció con la pérdida de diversidad genética. Considerando que es una orquídea de amplia distribución, la necesidad de incrementar el flujo génico por medio de los colibríes de garganta azul (*Lampornis clemenciae*) resulta primordial, por lo que se recomienda la gestión de corredores biológicos que permitan la conexión entre el Parque Nacional el Chico y otras poblaciones de *D. aurantiacus*. Por otro lado, esta especie no se encuentra amenazada, lo que también la hace susceptible de manejo mediante viveros de sustentabilidad, ya que por su aspecto tiene un potencial elevado para ornato, empleando fuentes semilleras locales, principalmente de las poblaciones ubicadas al noreste del parque, que cuentan con mayor variabilidad genética.

En cuanto a *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, resulta interesante mencionar que la población más diversa genéticamente (El Gosco, Tenango de Doria) no es la más extensa (La Mojonera, Zacualtipán), además de que sus semillas son afectadas por patógenos y consumidas por vertebrados y por los propios habitantes de la comunidad (Godínez-Ibarra *et al.* 2007), lo que constituye una presión extra sobre las generaciones tempranas (p.e. semillas y plántulas) y resulta en un cuello de botella.¹¹ Asimismo, la

¹¹ Disminución aleatoria del tamaño poblacional provocada por la mortalidad masiva de individuos, lo que lleva a una drástica reducción de la diversidad genética que compone a una población.

producción de semillas es sincrónica cada cuatro a seis años (Pérez-Rodríguez 1999), por lo que se requieren periodos amplios para generar un banco de germoplasma que favorezca el mantenimiento de su diversidad genética, además de que la fragmentación del hábitat anula cualquier posibilidad de flujo génico. Como estrategia se propone la generación de bancos de germoplasma con semillas de todas

las localidades, y la reforestación en las zonas con mayor amenaza (Volcán de Acatlán y La Mojonera).

Finalmente, es necesario ampliar el conocimiento del acervo fitogenético que posee Hidalgo; ello permitirá evaluar riesgos y proponer estrategias de conservación y manejo para una mayor cantidad de especies, además de identificar zonas susceptibles de aprovechamiento.

Referencias

- Cavers, S., C. Navarro y A.J. Lowe. 2003. A combination of molecular markers identifies evolutionary significant units of *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in Costa Rica. *Conservation Genetics* 4(5):571-580.
- CITES. Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora. 2003. *Examen del comercio significativo de la CITES. Cicadas Anexo 1*. En: <<https://www.cites.org/sites/default/files/esp/com/pc/14/S-PC14-09-02-02-A1.pdf>>, última consulta: marzo de 2018.
- . 2016. *Cedrela odorata*. En: <<https://cites.org/esp/node/29983>>, última consulta: noviembre de 2016.
- Donaldson, J. 2003. *Ceratozamia fuscoviridis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2003*. En: <<http://www.iucnredlist.org/details/42100/0>>, última consulta: diciembre de 2017.
- Figueroa, C., G.A. Salazar, H.A. Zavaleta y E.M. Engleman. 2008. Root character evolution and systematics in Cranichidinae, Prescottinae and Spiranthininae (Orchidaceae, Cranichidae). *Annals of Botany* 101(4):509-520.
- Galván-Hernández, D., P. Octavio-Aguilar, A. Sánchez-González y L. Lazcano-Cruz. 2018. Diferenciación fenotípica y genética entre poblaciones mexicanas de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*. México (inédito).
- García-Montes, M. 2017. *La variabilidad genética de Ceratozamia fuscoviridis Moore (Cycadales, Zamiaceae) en Tlahuiltepa, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Godínez-Ibarra, O., G. Ángeles-Pérez, L. López-Mata et al. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en La Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(1):117-128.
- Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1996. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 351(1345):1291-1298.
- Hartl, D.L. y A.G. Clark. 1997. *Principles of population genetics*. Sinauer Associates Press, Estados Unidos.
- Hughes, A., B.D. Inouye, M.T.J. Johnson et al. 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11(6):609-623.
- Islas-Barrios, Y. 2016. *Efecto de la perturbación sobre la variabilidad y estructura genética de Ceratozamia fuscoviridis Moore (Cycadales, Zamiaceae): especie endémica y amenazada del estado de Hidalgo*. Tesis de maestría en conservación y biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241(4872):1455-1460.
- Macedo-Villarreal, M. 2018. *Efecto del manejo sobre la variabilidad genética de Cedrela odorata L., en el estado de Hidalgo*. Tesis de maestría en conservación y biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Martorell, C. y E.M. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124(2):199-207.
- Negreros-Castillo, P. y C.W. Mize. 2008. Regeneration of mahogany and Spanish cedar in gaps created by railroad tie extraction in Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255(2):308-312.
- Negreros-Castillo, P., M. Apodaca-Martínez y C.W. Mize. 2010. Effect of substrate and density on the quality of seedlings of Mexican cedar, mahogany and roble (*Tabebuia*). *Maderas y Bosques* 16(2):7-18.
- Octavio-Aguilar, P., L. Islas-Tello y R. Ortiz-Pulido. 2018. Genetic agonist effect between hummingbird pollen dispersal and wind seed dispersal: The *Dichromanthus aurantiacus* case. México (inédito).
- Ortiz-Quijano, A., A. Sánchez-González, L. López-Mata et al. 2016. Population structure of *Fagus grandifolia* subs. *mexicana* in the cloud forest of Hidalgo State, Mexico. *Botanical Sciences* 94:483-497.
- Pérez-Rodríguez, P.M. 1999. *Las hayas de México, monografía de Fagus grandifolia spp. mexicana*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco.
- Pulido, M.T., M. Vargas-Zenteno, A. Vite y A.P. Vovides. 2015. Range extension of the endangered Mexican cycad *Ceratozamia fuscoviridis* Moore (teosinte): implications for

- conservation. *Tropical Conservation Science* 8(3):778-795.
- Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). 2017. *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Salazar, G. 2003. Spiranthininae. En: *Genera Orchidacearum*. A. Pridgeon, P. Cribb, M. Chase y F. Rasmussen (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 164-278.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Vite, A., M.T. Pulido y J.C. Flores-Vázquez. 2013. Estrategia estatal de conservación de las cícadas (Zamiaceae): una propuesta para el estado de Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical* 61(3):1119-1131.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Diversidad genética de *Aspidoscelis gularis*

Norma Leticia Manríquez Morán y María del Carmen García Chávez

Introducción

El género *Aspidoscelis* (Reeder *et al.* 2002) es un grupo de lagartijas distribuido desde el norte de Estados Unidos hasta el noroeste de Costa Rica. Sus especies son un componente común de la fauna de ambientes áridos y semiáridos de México (Wright 1993). Debido a su diversidad y abundancia, los miembros de *Aspidoscelis* han sido objeto de diferentes estudios sobre ecología, biogeografía, historia natural y taxonomía. Sin embargo, la existencia de especies unisexuales (en las que solo existen hembras), la falta de variabilidad morfológica, y los cambios en coloración que ocurren durante la vida de los organismos, han complicado la resolución de la taxonomía dentro del género (Wright 1993, Reeder *et al.* 2002).

Uno de los grupos más complicados a nivel taxonómico es el complejo¹ *Aspidoscelis gularis* (figura 1), ya que está conformado por varios taxones que inicialmente fueron descritos como subespecies, y algunos más que no tienen reconocimiento formal. Este grupo se encuentra distribuido desde el suroeste de Estados Unidos (Oklahoma, Texas y Nuevo México), hasta el centro de México (en algunas regiones de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas;

Walker 1981a, b, Walker *et al.* 2001). Los integrantes de este grupo de lagartijas se caracterizan por presentar una variación amplia en sus patrones de coloración. En la región dorsal de algunos individuos se presentan líneas que corren a lo largo del cuerpo, y en otros las líneas se sustituyen por puntos o motas. La coloración ventral varía de blanca a rosa o naranja en la región de la garganta, y de blanca a azul o negro en la región interaxilar (figura 2). En Hidalgo, los lacertilios de este grupo se encuentran distribuidos principalmente en las zonas áridas del estado, en las ecorregiones denominadas como Matorral Central Mexicano y Matorral de la Meseta Central (Fernández-Badillo *et al.* 2016).

Debido a que las colectas de ejemplares de Hidalgo eran escasas en el momento en que se hicieron los primeros estudios del grupo (durante la década de los sesenta del siglo xx), los lacertilios de la entidad no fueron asignados a alguno de los taxones descritos de manera formal. Trabajos previos muestran que los miembros del complejo que habitan en Hidalgo se caracterizan por una variación prácticamente nula en caracteres de escutelación (forma, tamaño y disposición de las escamas), pero sus poblaciones exhiben variación en los patrones de coloración (Orozco-Rodríguez 2011).

Dado que los trabajos para esclarecer las relaciones de parentesco al interior del grupo están en

¹ Un complejo de especies es un grupo de taxones estrechamente relacionadas en el que las relaciones de parentesco no están definidas.



Figura 1. Ejemplar macho de *Aspidoscelis gularis* del municipio San Agustín Metzquititlán. Foto: Jorge Eduardo González Espinoza.

proceso, no se sabe con certeza a qué taxón pertenecen las poblaciones que habitan en Hidalgo (Duellman y Zweifel 1962). El objetivo del presente estudio fue evaluar la variabilidad genética de ejemplares del complejo *A. gularis* presentes en la entidad, mediante el análisis de la secuencia del gen mitocondrial que codifica para la subunidad dos de la enzima NADH-deshidrogenasa (ND2). Las secuencias para llevar a cabo dicho análisis fueron obtenidas a partir de protocolos estándar para la extracción, amplificación y secuenciación del ácido desoxirribonucleico (DNA).

Resultados

Las secuencias de DNA obtenidas en este estudio forman parte de una serie de datos analizados para establecer las relaciones de parentesco dentro del complejo *A. gularis*. Se contó con un total de 16 secuencias de aproximadamente 1 200 pares de bases. El análisis realizado mostró la existencia de 12 haplotipos² o variantes genéticas, entre los que existen distancias genéticas (corregidas con el modelo evolutivo HKY) que oscilan entre 0.4 y 2.2%.

Además, el árbol de distancias construido reveló que los haplotipos forman tres grupos que son congruentes con la geografía del muestreo. Si se comparan entre sí, estos tres grupos poseen distancias genéticas promedio que varían entre 1.3 y 1.6% (figura 3). Uno de los grupos está formado por



Figura 2. Variación en la coloración ventral de los machos de *Aspidoscelis gularis* del municipio Ixmiquilpan. Foto: Leonardo Daniel Orozco Rodríguez.

haplotipos provenientes del noroeste del estado, de los municipios Ixmiquilpan, Jacala de Ledezma y Zimapan; el segundo está constituido por haplotipos del centro de la entidad, de los municipios San Agustín Tlaxiaca, Huasca de Ocampo y San Agustín Metzquititlán; y el tercero está integrado por muestras de los municipios Eloxochitlán, Huejutla de Reyes y San Agustín Metzquititlán, en la región noreste del estado (figura 3). Además, se encontró una diversidad nucleotídica de 0.008, cifra que indica que los haplotipos encontrados en el estado son muy similares en su composición de nucleótidos.

Los resultados indican que, a pesar de estar distribuidas en dos de las ecorregiones del estado (Matorral Central Mexicano y Matorral de la Meseta Central), los lacertilios del complejo *A. gularis* presentan haplotipos con distancias genéticas pequeñas entre sí. Al igual que en otras especies de lacertilios, se observa que individuos de la misma población suelen compartir un mismo haplotipo, y que las variantes génicas de poblaciones cercanas son similares entre sí (Avisé *et al.* 1992, Avisé 2000). La excepción se presentó entre dos haplotipos de San Agustín Metzquititlán, pues uno de ellos se agrupó con muestras del noreste, mientras que el otro se agrupó con las provenientes del centro.

Las distancias genéticas encontradas entre los haplotipos de *A. gularis* están dentro del intervalo observado en otras especies de *Aspidoscelis* (Avisé *et al.* 1992). La diversidad nucleotídica también es

² En genomas de una sola copia (como el DNA mitocondrial), un haplotipo es la forma alternativa de un gen.

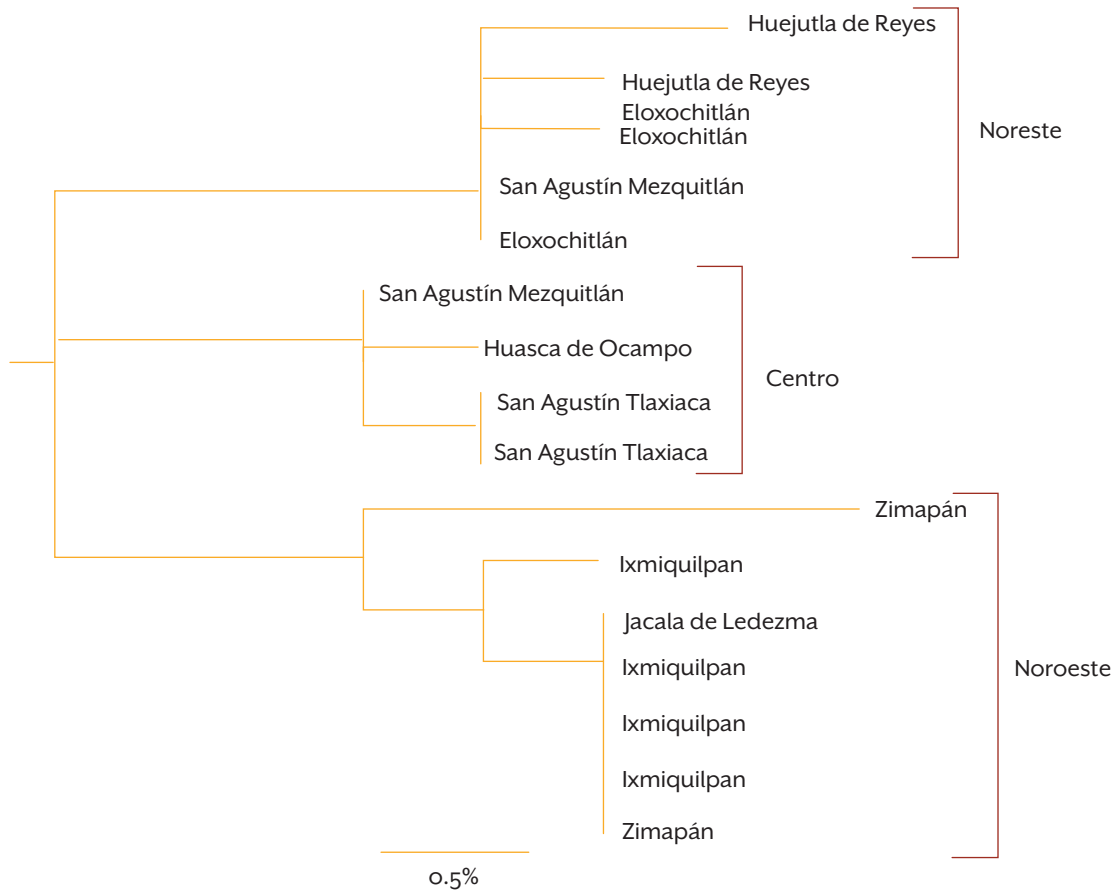


Figura 3. Árbol de distancias genéticas, construido con el método de *Neighbor Joining*, entre individuos del complejo *Aspidoscelis gularis* de Hidalgo. La longitud de las líneas corresponde a la distancia genética. Se observa la existencia de tres grupos conformados por ejemplares de diferentes municipios (en las ramas) del noreste, centro y noroeste de Hidalgo. Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en el Laboratorio de Sistemática Molecular de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

similar a la observada en otras especies gonocóricas (aquellas con presencia de sexos separados) de *Aspidoscelis* (0.007-0.064; Avise *et al.* 1992). Sin embargo, es importante señalar que en este estudio se analizaron únicamente individuos que se encuentran al sur del área de distribución del complejo *A. gularis* (Wright 1993, Reeder *et al.* 2002) que, en conjunto, podría mostrar una variabilidad genética mayor.

Conclusiones

El estudio realizado es el primer intento por evaluar la diversidad genética dentro de *Aspidoscelis gularis* en

el país. Sin embargo, el vacío de conocimiento en el estado taxonómico de los lacertilios presentes en Hidalgo dificulta evaluar el estado de conservación de sus poblaciones. Estudios filogenéticos recientes indican que estas lagartijas están estrechamente relacionadas con aquellas que se distribuyen en regiones cercanas de estados vecinos, como la Ciudad de México, Querétaro y San Luis Potosí (García-Chávez 2012, González-Solís 2014). Por ello, para hacer propuestas de conservación para este grupo, es necesario evaluar en conjunto a las poblaciones de lacertilios distribuidas en el centro del país.

Referencias

- Avice, J.C. 2000. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard University Press, Nueva York.
- Avice, J.C., J.M. Quattro y R.C. Vrijenhoek. 1992. Molecular clones within organismal clones. En: *Evolutionary Biology*. M.K. Hecht, B. Wallace, R.J. Macintyre (eds). Springer, Boston, pp. 225-246.
- Duellman, W.E. y R.G. Zweifel. 1962. A synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group (genus *Cnemidophorus*). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 123(3):155-210.
- Fernández-Badillo L., N.L. Manríquez-Morán, J.M. Castillo-Cerón et al. 2016. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(1):156-170.
- García-Chávez, M.C. 2012. *Relaciones filogenéticas y delimitación de especies en el complejo *Aspidoscelis gularis** (Sauria: Teiidae). Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- González-Solís, O.I. 2014. *El código de barras genético como herramienta para la identificación de especies en el complejo *Aspidoscelis gularis**. Tesis de maestría. Universidad Autónoma el Estado de Hidalgo, México.
- Orozco-Rodríguez, L.D. 2011. *Patrones de coloración y escutelación en poblaciones del complejo *Aspidoscelis gularis* en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma el Estado de Hidalgo, México.
- Reeder, T.W., C.J. Cole y H.C. Dessauer. 2002. Phylogenetic relationships of whiptail lizards of the genus *Cnemidophorus* (Squamata: Teiidae): A test of monophyly, reevaluation of karyotypic evolution, and review of hybrid origins. *American Museum Novitates* 3365(1):1-61.
- Walker, J.M. 1981a. Systematics of *Cnemidophorus gularis*. I. Re-allocation of populations currently allocated to *Cnemidophorus gularis* and *Cnemidophorus scalaris* in Coahuila, México. *Copeia* 1981(4):826-849.
- _____. 1981b. Systematics of *Cnemidophorus gularis*. II. Specific and subspecific identity of the Zacatecas whiptail (*Cnemidophorus gularis semiannulatus*). *Copeia* 1981(4):850-868.
- Walker, J.M., J.A. Lemos-Espinal, J.E. Cordes et al. 2001. Allocation of populations of whiptail lizards to *septemvittatus* Cope 1892 (Genus *Cnemidophorus*) in Chihuahua, México and the *scalaris* problem. *Copeia* 2001(3):747-765.
- Wright, J.W. 1993. Evolution of the lizards of the genus *Cnemidophorus*. En: *Biology of whiptail lizards (genus *Cnemidophorus*)*. J.W. Wright y L.J. Vitt. (eds.). Museum of Natural History, Oklahoma, pp. 27-81.



Código de barras genético en escamados del género *Sceloporus*

Norma Leticia Manríquez Morán y Jorge Eduardo González Espinoza

Introducción

Sceloporus es uno de los géneros de lagartijas con mayor distribución y número de especies en Norte y Centroamérica (Sites *et al.* 1992, Wiens *et al.* 2010). Son muy abundantes en esta región, y ecológicamente importantes al regular los tamaños poblacionales de varios grupos de insectos y desempeñarse como dispersores de semillas. En México, estos escamados se encuentran en las 32 entidades del país, y están presentes en una gran cantidad de ambientes, en altitudes que van desde el nivel de mar hasta más de los 4 000 msnm. En Hidalgo se encuentran 12 de las aproximadamente 100 especies descritas de *Sceloporus*: *S. aeneus*, *S. bicanthalis*, *S. cyanogenys*, *S. grammicus*, *S. megalepidurus*, *S. minor*, *S. mucronatus*, *S. parvus*, *S. scalaris*, *S. spinosus*, *S. torquatus* y *S. variabilis*¹ (Manríquez-Morán *et al.* 2017), las cuales pertenecen a siete de los 20 grupos² de especies existentes dentro del género.

Debido a sus hábitos diurnos, sus poblaciones abundantes y su distribución amplia, las especies de *Sceloporus* han sido objeto de una gran cantidad de estudios ecológicos, biogeográficos y taxonómicos, entre otros (Sites *et al.* 1992). Sin embargo,

son pocos los estudios genéticos realizados con las especies del género, y a la fecha se cuenta con un número limitado de códigos de barras genéticos para las especies de este grupo (Boldsystems 2018). El código de barras genético, o código de barras de la vida, es una iniciativa que promueve el uso de un sistema para la identificación de especies, a través de un fragmento pequeño de ácido desoxirribonucleico (DNA; Hebert *et al.* 2003a). De manera similar al código de barras de los productos mercantiles, este sistema permite identificar y diferenciar a las especies mediante una secuencia única de DNA (Goldstein y deSalle 2010). Para el grupo de los animales, se propuso utilizar el fragmento inicial del gen mitocondrial que codifica para la subunidad I de la proteína Citocromo c oxidasa (COI), como marcador universal³ (Hebert *et al.* 2003b).

Actualmente, el proyecto de código de barras de la vida cuenta con casi seis millones de secuencias (Boldsystems 2018), que han permitido la identificación de innumerables especies de diversos grupos taxonómicos. Asimismo, los códigos de barras generados también han permitido el descubrimiento de especies nuevas, y la evaluación de la diversidad genética dentro de varios grupos

1 Las especies *S. grammicus* y *S. megalepidurus* se encuentran en la categoría sujeta a protección especial dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

2 Los grupos expresan la cercanía filogenética de las especies que lo integran.

3 Herramienta molecular que por sus características puede ser empleada para la obtención de información genética en un grupo amplio de especies.

Manríquez-Morán, N.L. y J.E. González-Espinoza. 2021. Código de barras genético en escamados del género *Sceloporus*. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 329-333.



Figura 1. Macho de *Sceloporus minor* del municipio Zimapán. Foto: Jorge Eduardo González-Espinoza.

taxonómicos, para generar propuestas de conservación (Savolainen *et al.* 2005). Los estudios realizados en diversos grupos de animales han mostrado la aplicabilidad de los códigos de barras en la identificación de especies, y de manera general se ha encontrado que la distancia genética entre individuos de una población o especie es más baja que la encontrada entre especies diferentes (Luo *et al.* 2011, Shen *et al.* 2013).

El propósito de este trabajo fue obtener el código de barras de las especies de *Sceloporus* presentes en Hidalgo, con el fin de evaluar su eficacia en la identificación de los diferentes taxones. Se contó con ejemplares de nueve especies del género presentes en el estado: *S. aeneus*, *S. bicanthalis*, *S. grammicus*, *S. minor* (figura 1), *S. mucronatus*, *S. parvus*, *S. spinosus*, *S. torquatus* (figura 2) y *S. variabilis*. Para establecer las secuencias del gen COI, se utilizaron técnicas estándar de extracción, amplificación y secuenciación de DNA.

Evaluación del código de barras del género *Sceloporus*

Con las secuencias obtenidas, se generó una matriz de aproximadamente 700 pares de bases de la región

inicial del gen COI, que quedó integrada por las secuencias de 26 individuos, pertenecientes a las nueve especies de *Sceloporus* antes mencionadas. Para calcular las distancias dentro y entre las especies se utilizó el modelo evolutivo de mayor ajuste a los datos (denominado HKY+G+I).

El análisis de distancias mostró que dentro de algunas especies (distancia intraespecífica) existen divergencias genéticas que varían entre 0.4% (*S. mucronatus*) y 2.6% (*S. torquatus*), mientras que las distancias interespecíficas promedio (entre las distintas especies) oscilaron entre 7.8% (*S. mucronatus* - *S. minor*) y 28.8% (*S. parvus* - *S. bicanthalis*). Se encontró que las distancias genéticas intraespecíficas son menores que las existentes a nivel interespecífico (cuadro 1, figura 3), y no existe solapamiento entre ellas.

Las distancias interespecíficas más pequeñas fueron encontradas entre los taxones pertenecientes a un mismo grupo (Wiens *et al.* 2010, figura 3): las especies pertenecientes a los grupos *S. poinsetti* (*S. mucronatus* y *S. minor*) y *S. scalaris* (*S. aeneus* y *S. bicanthalis*) mostraron las divergencias genéticas más bajas, 7.8% y 8.7%, respectivamente. Una excepción se presenta entre las especies del grupo *S. variabilis*, ya que la distancia genética entre ésta y *S. parvus* fue mayor a 20% (cuadro 1, figura 3).



Figura 2. Macho de *Sceloporus torquatus* del municipio Zimapán. Foto: Jorge Eduardo González-Espinoza.

Cuadro 1. Distancias genéticas intraespecíficas (en la diagonal de cuadros sombreados) e interespecíficas promedio (por debajo de la diagonal) de las especies de *Sceloporus* de Hidalgo.

Especies	<i>S. parvus</i>	<i>S. grammicus</i>	<i>S. torquatus</i>	<i>S. spinosus</i>	<i>S. mucronatus</i>	<i>S. variabilis</i>	<i>S. minor</i>	<i>S. bicanthalis</i>	<i>S. aeneus</i>
<i>S. parvus</i>	2.4								
<i>S. grammicus</i>	26.0	2.2							
<i>S. torquatus</i>	28.4	16.2	2.6						
<i>S. spinosus</i>	28.2	19.8	20.4	-					
<i>S. mucronatus</i>	25.9	17.3	17.3	19.0	0.4				
<i>S. variabilis</i>	27.2	25.8	25.0	26.5	28.0	-			
<i>S. minor</i>	28.4	17.5	17.9	20.7	7.8	27.0	1.1		
<i>S. bicanthalis</i>	28.8	17.8	15.8	20.5	18.6	22.9	17.0	-	
<i>S. aeneus</i>	26.9	17.0	18.5	20.9	19.1	24.0	18.6	8.7	-

Las distancias están expresadas en porcentaje. Los guiones en la diagonal indican que solo se analizó un individuo de la especie y no fue posible hacer un cálculo de variación intraespecífica. Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en el Laboratorio de Sistemática Molecular de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

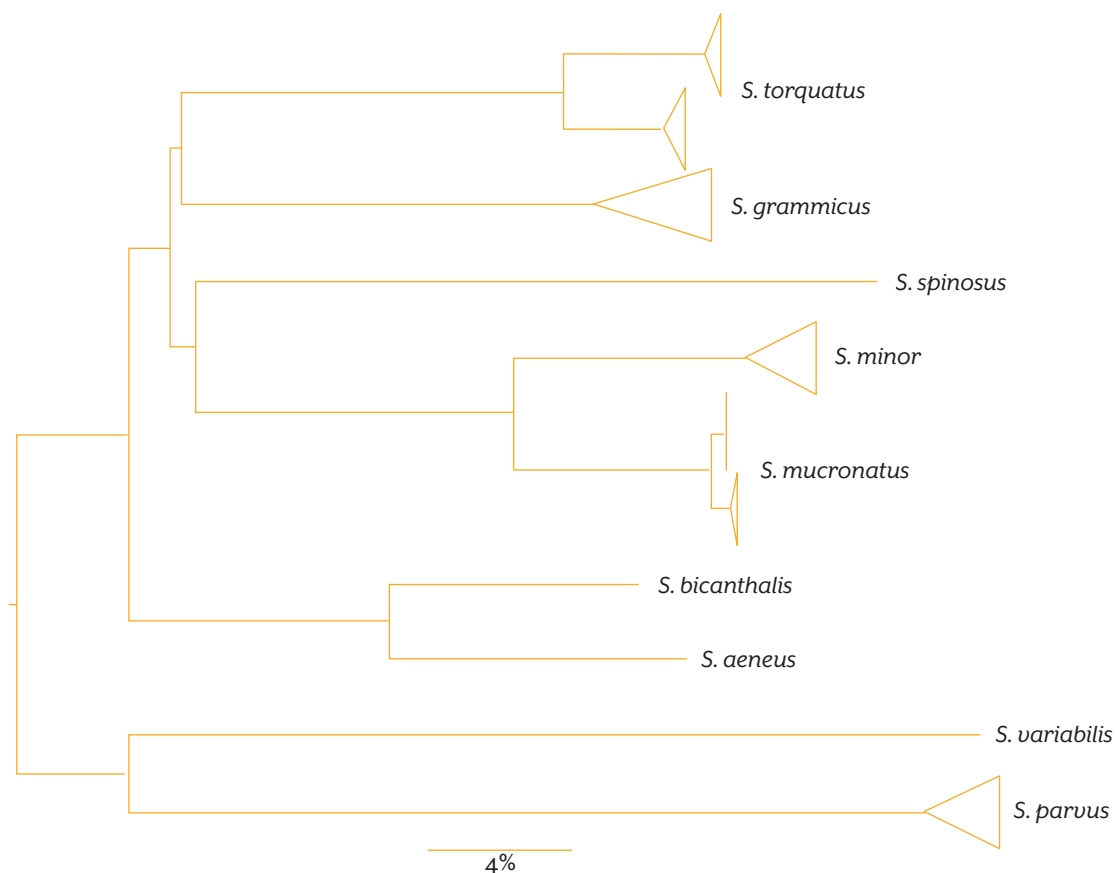


Figura 3. Árbol de distancias genéticas (construido con el método de *Neighbor Joining*) entre las especies de *Sceloporus* de Hidalgo. La longitud de las ramas representa la distancia genética entre las diferentes especies. El tamaño de los triángulos es proporcional al número de individuos de cada especie y su ancho refleja la distancia genética dentro de cada especie. Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en el Laboratorio de Sistemática Molecular de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Sin embargo, en todos los casos la distancia fue suficiente para distinguir a los diferentes taxones. Dado que las especies de *Sceloporus* presentes en Hidalgo están poco emparentadas (Wiens *et al.* 2010), se encontraron distancias genéticas altas entre ellas (cuadro 1).

Conclusiones y perspectivas

Los estudios realizados en varios grupos de animales han mostrado una eficacia alta del código de barras genético en la identificación de especies, mediante la comparación de distancias genéticas (encontrando generalmente valores bajos al comparar dentro de las especies y valores mayores entre especies diferentes; Luo *et al.* 2011). En este

estudio se encontró que la distancia genética intraespecífica es por lo menos 10 veces menor que la observada a nivel interespecífico (cuadro 1). En este sentido, la secuencia del gen *COI* resulta adecuada para la identificación de las especies de *Sceloporus* dentro de la entidad.

Aunque el sistema del código de barras se sustenta en las diferencias entre las distancias intra e interespecíficas, es importante señalar que no existe una distancia genética particular que pueda servir para delimitar a las especies de manera general, ya que cada grupo de organismos ha evolucionado de manera diferente y las distancias genéticas entre especies de diferentes grupos taxonómicos son variables. En el caso de las especies de *Sceloporus* de Hidalgo, el código de barras permitió incluso de-

tectar grupos que son genéticamente distintos (aunque con divergencias pequeñas) dentro de una misma especie (p.e. *S. torquatus* y *S. mucronatus*, figura 3), lo cual podría indicar la existencia de especies no identificadas en algunas especies en las que se incluyeron secuencias múltiples. Sin embargo, es necesario realizar un muestreo más intensivo,

para poder establecer plenamente la distancia intraespecífica de algunas de las especies que habitan en Hidalgo, así como para obtener los códigos de barras de los taxones que no fueron incluidos en este estudio. Un mejor conocimiento de la diversidad genética de las especies permitirá llevar a cabo estrategias de conservación más eficientes.

Referencias

- Boldsystems. 2018. *Taxonomy: kingdoms of life being barcoded*. En: <http://www.boldsystems.org/index.php/TaxBrowser_Home>, última consulta: febrero de 2018.
- Goldstein, P.Z. y R. deSalle. 2010. Integrating DNA barcode data and taxonomic practice: determination, discovery and description. *BioEssays* 33(2):135-147.
- Hebert, P.D., A. Cywinska, S.L. Ball y J.R. deWaard. 2003a. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 270(1512):313-321.
- Hebert, P.D., S. Ratnasingham y J.R. deWaard. 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 270(Suppl 1):S96-S99.
- Luo, A., A. Zhang, S.Y.W. Ho *et al.* 2011. Potential efficacy of mitochondrial genes for animal DNA barcoding: a case study using eutherian mammals. *BMC Genomics* 12(84):1-13.
- Manriquez-Morán, N.L., J.M. Castillo-Cerón, I. Goyenechea *et al.* 2017. Riqueza y diversidad de saurópsidos (no aves) del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez Rojas y C. Cuevas Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 505-528.
- Savolainen, V., R.S. Cowan, A.P. Vogler *et al.* 2005. Towards writing the encyclopedia of life: an introduction to dna barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360 (1462):1805-1811.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Shen, Y., X. Chen y R.W. Murphy. 2013. Assessing DNA Barcoding as a tool for species identification and data quality control. *PLOS ONE* 8(2):1-5.
- Sites, J.W., J.W. Archie, C.J. Cole *et al.* 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 213:1-110.
- Wiens, J.J., C.A. Kuczynski, S. Arif y T.W. Reeder. 2010. Phylogenetic relationships of phrynosomatid lizards based on nuclear and mitochondrial data, and a revised phylogeny for *Sceloporus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54(1):150-161.







4

Usos y tendencias de cambio



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Adriana Gómez Aiza y Karina Calva Soto

La relación con el entorno es clave para el bienestar y supervivencia del ser humano. A su vez, esta dependencia se transforma en presión y demandas sobre un territorio y su biodiversidad: las características y distribución de los recursos bióticos, así como su cantidad, concentración y variedad, dependen de su utilidad. Debido a que esa relación es necesaria y frágil, deben diseñarse estrategias e implementar programas que disminuyan los impactos negativos, al tiempo que favorecen el aprovechamiento sustentable del medio.

Esta sección brinda información que puede ser muy útil en ese sentido. El listado de especies útiles es largo (aunque lamentablemente es más amplia la lista de especies aún no registradas). Aquí sólo se citan algunas que merecen especial atención por su utilidad o vulnerabilidad, y se señalan casos de regiones prioritarias que enfrentan situaciones de riesgo al equilibrio ecológico.

Los agaves encabezan la lista. Muchos son propios de los ecosistemas de matorral xerófilo predominantes en los climas secos de Hidalgo; parte de ellos endémicos. Su empleo es amplio y ancestral, vinculado al desarrollo histórico y a la identidad de algunas regiones, como el Valle del Mezquital, donde destacan dos especies de agaves: el común o pulquero (*Agave salmiana*), y la lechuguilla (*A. lechuguilla*).

Aunque el maguey está ligado a la bonanza económica de las haciendas pulqueras en los llanos de Apan al sureste de la entidad, la actual escasez del *A. salmiana* se debe a la falta de siembra sistemática tras la abrupta caída en el consumo del pulque

a inicios del siglo xx. No obstante, la riqueza cultural otomí del Valle del Mezquital muestra la enorme versatilidad de usos que puede dársele a esta planta, además del alimenticio. No en vano los cronistas le llamaron el árbol de las maravillas.

Por su parte, la pulpa y la fibra del *A. lechuguilla* se usaron con fines higiénicos desde la época prehispánica hasta que aparecieron el jabón industrial, el detergente y las fibras sintéticas. Sin embargo, el rechazo social hacia las culturas indígenas y sus productos, además de la extracción y procesamiento mecánico con fines comerciales (artesanal e industrial), explican la falta de cultivo de la lechuguilla en patios o terrenos cercanos a las viviendas, en las planicies y cerros del Mezquital.

La falta de interés y oportunidades en el cultivo de ambos agaves abona a la depreciada economía agraria de las áridas tierras del Mezquital; y esto a su vez impulsa a la población a abandonar la región. Una posibilidad para reactivar la vida agrícola, y amortiguar la presión migratoria como zona expulsora, sería fomentar la siembra y explotación regulada del maguey para el abasto de productos de exportación. Las pencas de maguey ya se comercian en mercados locales de Chicago para restaurantes de comida hidalguense, lo mismo que otros derivados de *A. salmiana*.

Además de contribuir a recuperar la especie, puede funcionar como una estrategia para el saneamiento de las tierras de cultivo que han sido irrigadas con aguas negras y aguas tratadas, lo que se considera una de las principales fuentes de contaminación

Gómez Aiza, A. y K. Calva-Soto. 2021. Resumen ejecutivo. Usos y tendencias de cambio. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 337-340.

en el Valle del Mezquital. Estrategias semejantes pueden seguirse con *A. lechuguilla* y la cucharilla (*Dasylirion lucidum*), empleada en decoraciones de festividades religiosas.

Brindar alternativas laborales con la opción de gestionar los recursos bióticos y ambientales fortalece los saberes ancestrales, que respetan los tiempos de crecimiento y desarrollo propio de las especies que utilizan. Por ejemplo, los otomíes aprovechan al máximo sus plantas, al alterar al mínimo los equilibrios entre el ser humano y el medio.

Hay ejemplos de flora amenazada por esos desequilibrios en los bosques templados del área natural protegida (ANP) Parque Nacional El Chico, donde la demanda del laurel (*Litsea glaucescens*) debido a su valor alimenticio (condimento), cultural (medicinal, ritual) e industrial (conservas y salsas) ha puesto en riesgo a la especie. Con el fin de frenar la extracción ilegal y regular el aprovechamiento, se crearon dos unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA), que se enfrentan a la comercialización desleal por parte de quienes operan en la clandestinidad.

Con la fauna silvestre las relaciones son semejantes, si bien la primacía de los usos cambia. En las regiones indígenas predomina el empleo de vertebrados como mascotas, para ornato, y como alimento. En la región de la Huasteca, por ejemplo, diversos loros (*Amazona viridigenalis*, *A. autumnalis*, *Pionus senilis*) y pericos (*Eupsittula nana* y *Psittacara holochlorus*) son extraídos y vendidos ilegalmente. Asimismo, serpientes (*Boa constrictor*), tortugas (*Kinosternon* spp.), salamandras (*Ambystoma velasci*) o ranas (*Dryophytes eximius*) se utilizan para ornato, medicinas o venta; iguanas (*Ctenosaura acanthura*) y lagartijas (*Sceloporus* spp.) se comen, al igual que el jabalí o pecarí de collar (*Dicotyles crassus*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), la tuza real o tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y el armadillo (*Dasypus novemcinctus*).

Algunos felinos (*Herpailurus yagouaroundi*, *Leopardus pardalis*, *L. wiedii*, *Lynx rufus* y *Puma concolor*) y el coyote (*Canis latrans*) son cazados furtivamente por su valor ornamental. Hay mamíferos que son considerados perjudiciales para el ser humano, porque afectan el ganado, las aves de corral y los cultivos, como el mapache (*Procyon*

lotor), la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), y el ca-comixtle (*Bassariscus astutus*); a otros se les atribuyen poderes especiales y se sacrifican para fabricar amuletos de la suerte, como el conejo (*Sylvilagus floridanus*). También se usan con fines medicinales, como el tlacuache (*Didelphis marsupialis* y *D. virginiana*) y los zorrillos (*Conepatus leuconotus*, *Mephitis macroura*, *Spilogale gracilis*).

En Atotonilco el Grande, las creencias, prácticas y usos que se da a cada especie buscan armonizar con lo que se sabe de sus hábitos depredadores; esta lógica integral permite controlar sus poblaciones, y procura remediar la experiencia local con el venado de cola blanca (*O. virginianus*), casi extinto en la región por la actividad cinegética ilegal, al igual que en el cerro de Zempoala. La importancia histórica de esta especie, y su desaparición en diversas regiones del estado, apuntan a la pertinencia de nombrar especies bandera como apoyo a la protección de hábitats y la conservación de otras especies a futuro.

En el caso de las especies de anfibios y reptiles, si son consideradas dañinas o perjudiciales, plaga o causa de enfermedad, son exterminadas sistemáticamente. Por ejemplo, se piensa erróneamente que la lagartija lince (*Plestiodon lynxe*) es venenosa, y que el camaleón (*Phrynosoma orbiculare*) puede cegar a alguien. A otras especies se les sacrifica con fines ceremoniales, como a las serpientes metalpil (*Agkistrodon taylori*) y tepocho (*Metlapilcoatlus nummifer*). Muchos anfibios tienen aplicación terapéutica: ajolotes (*Ambystoma* spp.), ranas (*Lithobates* spp.) y sapos (familia Bufonidae). Otras se encuentran expuestas al comercio ilegal, y a colectas científicas fuera de reglamentación.

Las concepciones sobre plantas y animales, y el manejo que se les da, pueden ser preocupantes si se suman a la fragmentación de los ecosistemas donde viven esas especies, asociada a la tala inmoderada y a cambios en el uso del suelo. Es indispensable desarrollar campañas de concientización en medios masivos, dirigidas al público en general, y a las poblaciones locales en particular, para evitar riesgos innecesarios al equilibrio en las redes tróficas y la capacidad de carga de los ecosistemas.

Asimismo, la introducción de especies exóticas o invasoras es otra gran amenaza a la biodiversidad del estado, ya que compiten, depredan, transmiten

enfermedades y se hibridan genéticamente con las especies nativas, lo que altera las redes tróficas y los ciclos biogeoquímicos. Los sitios más afectados son los que fueron modificados por la presencia humana, precisamente porque las especies invasoras son oportunistas en los paisajes alterados, como la región sur del estado.

Aunque se cuenta con marcos legales amplios para enfrentar esta problemática, hay falta de datos confiables para el diseño de estrategias de manejo y control de especies invasoras. NaturaLista es un esfuerzo de monitoreo coordinado entre ciudadanía e instituciones especializadas para la generación de información sobre la presencia de flora y fauna actual en el país. Ahí se reportan 136 especies invasoras para Hidalgo, fundamentalmente en zonas vulnerables por la acción antrópica: el Valle del Mezquital, la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, el Parque Nacional El Chico, y el Geoparque Comarca Minera.

La declaración de la barranca de Metztitlán como ANP en el año 2000 es otro ejemplo del esfuerzo conjunto entre autoridades gubernamentales, instituciones educativas y sociedad civil. Dada su importancia en diversidad de cactáceas, se instalaron dos UMA para su reproducción y comercialización legal, con ventas aproximadas en 2013 de 10 mil plantas anuales en promedio. Para la población local, las acciones de conservación y los viveros significan una fuente de generación de empleos; para el ambiente, implican la retención de suelos y disminución de la erosión.

Por su parte, el manejo agrícola y el control del agua en los valles formados por el cauce del río Metztitlán transformaron la vega en una de las principales zonas productoras de maíz del estado. Sin embargo, la producción agrícola ha agravado sequías e inundaciones, que son un constante factor de presión y riesgo para la diversidad de especies y las relaciones ecosistémicas. Un ejemplo es el nematodo *Meloidogyne*, una plaga de jitomate que arruinó a los productores de monocultivos y el comercio regional; su presencia se atribuye al agua proveniente de la laguna, cuyos suelos fueron eutrofizados por los fertilizantes empleados en los terrenos agrícolas, alterando la actividad microbiana lacustre. Otro espacio lacustre igualmente fragmentado por el cambio de uso del suelo es la laguna de

Tecocomulco, reducto del antiguo sistema lacustre de la Cuenca de México, azolvada por el acarreo de suelos agrícolas erosionados y la introducción de especies invasoras.

Los conflictos en Metztitlán por el manejo de recursos son comunes a otras ANP, como el Parque Nacional El Chico. En este caso la minería impactó directa e indirectamente los ecosistemas y usos del suelo. La tala inmoderada de los bosques circundantes a las haciendas donde se procesó la plata en Pachuca y Mineral del Monte en el siglo XIX condujo a las autoridades federales a regular y proteger el área, y se sumaron zonas próximas como el Parque Estatal Bosque El Hiloche y el Parque Ecológico Cubitos.

Aunque la reforestación ha tenido cierto éxito tras un siglo de esfuerzo conjunto entre compañías mineras, particulares, gobiernos locales, estatal y federal, aún quedan asuntos pendientes. Si bien la historia del parque muestra la variedad de sectores sociales que han participado en la detección y atención de problemas y estragos ocasionados por las actividades económicas emprendidas en la región, falta alinear los distintos programas, instrumentos legales y de regulación del uso de la biodiversidad a objetivos comunes. Para ello es crucial vincular al sector social de modo más eficiente al Programa de Pueblos Mágicos y al Geoparque Comarca Minera.

Para detener la desaparición de especies por extracción no controlada en las ANP, la participación social y la educación ambiental son vitales frente a la pérdida de conocimiento de la naturaleza y la valoración de los servicios ecosistémicos entre quienes no ven en esos saberes una opción laboral, ni en ciertas especies alguna utilidad, como sucede con la lechuguilla en el Mezquital o el laurel en El Chico.

Por el contrario, en el rancho Santa Elena, en Huasca de Ocampo, dentro de la Comarca Minera, la madera se utiliza según normativas, y el programa ProÁrbol se mantuvo vigente hasta 2018; existe una UMA para el aprovechamiento del venado de cola blanca (*O. virginianus*), guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo intermedia*), laurel (*L. glaucescens*) y hongos blancos (*Tricholoma magnivelare*); y la población local y los visitantes tienen un acercamiento directo a la naturaleza y valoran el área y los servicios que ofrece el sitio.

Otro impacto de la minería en la biodiversidad estatal es ocasionado por los residuos de la extracción y procesamiento de los metales de alta denominación como la plata. Por un lado, están los restos de compuestos empleados, como el mercurio y el cianuro, que se encuentran en suelos de patios de haciendas, en lechos de ríos y en cauces para desagüe de minas, así como en terrenos de cultivo irrigados con esas aguas, con graves daños a la salud del hombre y el ambiente. Por otro lado, están los jales o depósitos de sedimentos acarreados por los canales y tuberías de desagüe de las minas y las haciendas después de haber trabajado la plata.

A la contaminación atmosférica originada por la actividad minera se suman la arena y micro residuos sólidos de los jales levantados por el viento. Pero además la calidad del aire metropolitano se ve afectada por las emisiones industriales y de automotores; siendo los gases con efecto invernadero (GEI), el SO_2 , el CO y el CO_2 , los que mayor presencia tienen en los centros densamente poblados como Pachuca, Tula, Tulancingo y Tizayuca, y sus áreas conurbadas.

Tal vez por ello, actualmente el énfasis de la política ambiental en la entidad está en la contaminación y la gestión de los territorios. Aún con deficiencias, se ha avanzado en esta materia, como priorizar zonas con mayor desarrollo económico (áreas metropolitanas donde se aglomera una parte importante de la población de la entidad) y dedicar menor atención y continuidad en las regiones más aisladas del estado, en las que hay mayor riqueza biológica

y mayor pobreza económica, y por lo tanto son las más vulnerables a los fenómenos hidrometeorológicos que la contaminación induce.

Los ejemplos citados sobre el Valle del Mezquital, la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, el Geoparque Comarca Minera y el Parque Nacional El Chico, son un muestrario de los temas más apremiantes en materia ambiental en esas regiones, donde la presencia de los distintos sectores sociales es más requerida para el monitoreo de la salud ecosistémica de la entidad: contaminación de agua, aire y tierra, cambio de uso del suelo, fragmentación de ecosistemas, sobreexplotación e introducción de especies invasoras.

Sin duda, la gama de retos es vasta; es claro que falta realizar los diagnósticos a fin de evaluar el éxito o fracaso de cada esfuerzo. Igualmente, es necesario incluir otras regiones, ANP o localidades urbanas, algunas de las cuales se abordan en esta sección, como la Sierra Otomí-Tepehua, el Parque Nacional Los Mármoles, Tizayuca, Huejutla, entre otras.

Mientras exista interés por resolverlos y se cuente con el esfuerzo colaborativo de los diversos sectores involucrados, será posible formular estrategias de conservación y de mitigación. Las aportaciones presentadas en esta sección muestran cómo la sinergia entre sociedad civil, académicos, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, ejidatarios, empresarios y más, puede disminuir el impacto en los ecosistemas, promover el uso sustentable de recursos naturales y fortalecer el desarrollo social en Hidalgo.



Conocimiento, creencias y uso de mamíferos medianos y grandes en Atotonilco el Grande

Juan Alfonso Hernández Melo, Gerardo Sánchez Rojas y Jessica Bravo Cadena

Introducción

Los mamíferos han estado vinculados con las sociedades humanas desde su establecimiento, ya que han sido usados como alimento, símbolos religiosos, ornamentales, recreativos, y como transporte, vestido o mascotas, entre otros. Para muchas familias que viven en zonas rurales, los mamíferos silvestres son parte de su cultura, al ser elementos importantes que requieren para subsistir. Por lo anterior, diversas comunidades son poseedoras del conocimiento tradicional sobre las especies con las que conviven, aprovechan o bien, tienen algún conflicto.

Este tipo de conocimiento tradicional debe considerarse como prioritario para la preservación ambiental en zonas rurales, urbanas y en lugares donde se realizan actividades enfocadas a la conservación de la biodiversidad, como lo son las áreas naturales protegidas (ANP). Uno de los sitios en donde convergen estos elementos es el municipio Atotonilco el Grande, cuya superficie contiene 8.65% de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (CONANP 2003), y que alberga diversos tipos de vegetación, así como asentamientos rurales y urbanos. La meta de este trabajo fue documentar e identificar, mediante entrevistas, las especies de mamíferos medianos y grandes que reconocen los pobladores del municipio Atotonilco el Grande dentro de su territorio, al ser parte de su cosmovisión o porque se hace un uso tradicional de ellos.

Atotonilco el Grande

Este municipio está localizado en el centro del estado; al norte colinda con los municipios Metztitlán y San Agustín Metzquititlán, al noreste con el estado de Veracruz, al sur con los municipios Mineral del Chico y Omitlán de Juárez, al oriente con Huasca de Ocampo y al poniente con Actopan. Cuenta con una altitud que va de los 1 300 a los 2 600 msnm y con una extensión de 426 km², que representa 2.18% de la superficie total del estado (INEGI 2009). En Atotonilco el Grande existen ocho tipos de vegetación: matorral crasicaule, bosque de encino, pastizal inducido, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, matorral submontano y mezquital (figura 1; INEGI 2016).

Etnobiología de los mamíferos medianos y grandes

Para identificar el conocimiento y uso tradicional de mamíferos medianos y grandes en Atotonilco el Grande, se realizaron 45 entrevistas a habitantes de zonas con los tipos de vegetación: matorral xerófilo, matorral submontano y cultivos. Se buscó que las personas entrevistadas llevaran actividades en el campo y se optó por hombres de entre 18 y 88 años, ya que este segmento poblacional pasa gran parte del día en el desarrollo de faenas, tales como el cultivo de hortalizas, la recolección de madera, el pastoreo y

Hernández-Melo, J.A., G. Sánchez-Rojas y J. Bravo-Cadena. 2021. Conocimiento, creencias y uso de mamíferos medianos y grandes en Atotonilco el Grande. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 341-348.

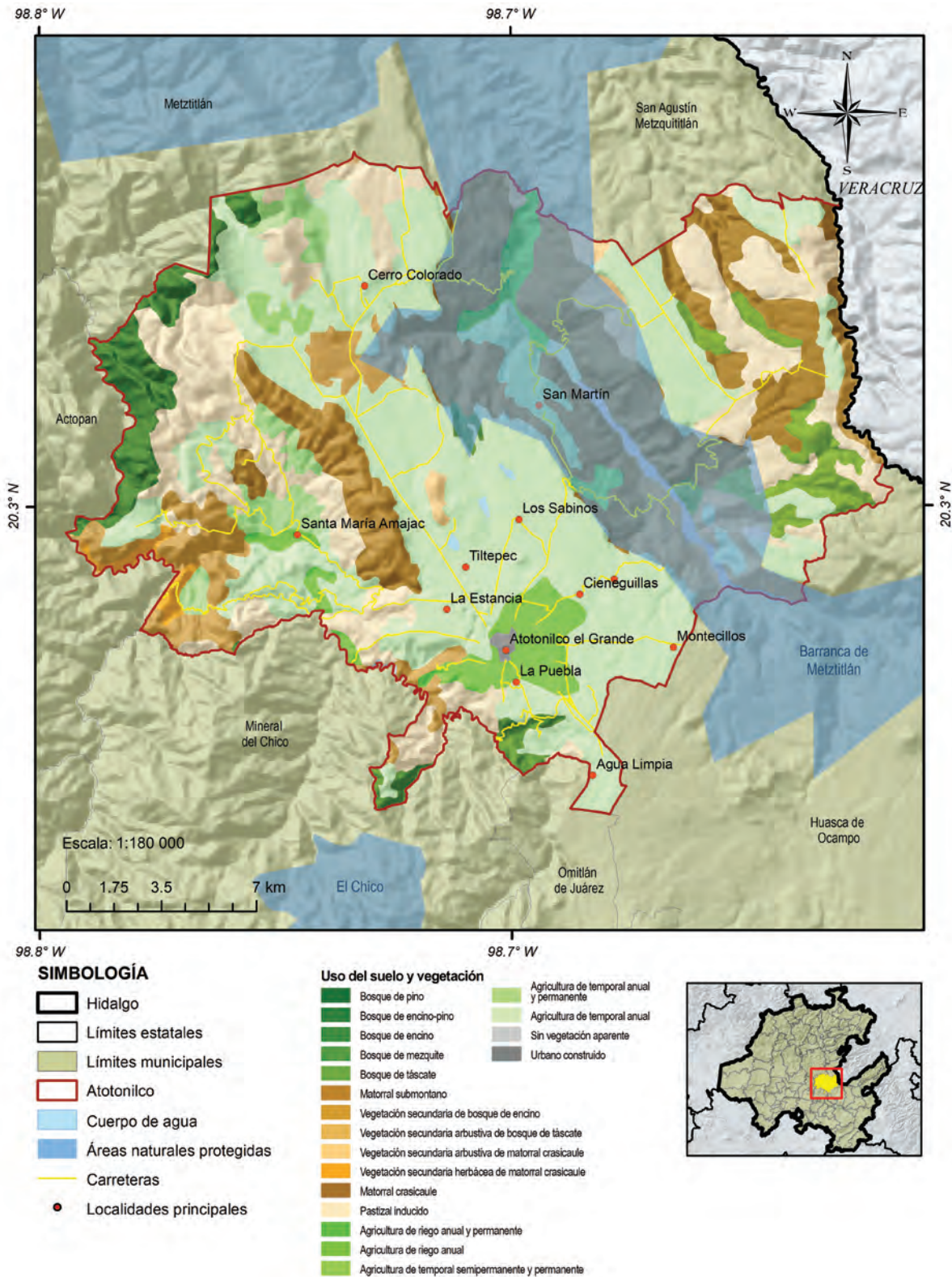


Figura 1. Ubicación del municipio Atotonilco el Grande. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2016.



Figura 2. Coyote (*Canis latrans*) fotografiado mediante cámaras trampa. Fotos: Laboratorio de Conservación Biológica de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

en ocasiones la caza, lo que aumenta la posibilidad de observar animales.¹

Las encuestas consistieron en una serie de preguntas que buscaban corroborar la presencia de estos animales, e información básica acerca de su biología, el lugar donde habita cada animal, número de organismos y tiempo transcurrido del avistamiento, entre otras. Éstas estuvieron acompañadas de una serie de fotografías para que los entrevistados indicaran si las especies se hallaban en su comunidad o en la vegetación que los rodea. Las fotografías fueron seleccionadas a partir de una búsqueda bibliográfica y de bases de datos, para determinar qué especies podrían estar presentes en cada área. Los resultados de las entrevistas se agruparon en las tres categorías planteadas por Toledo (1991): *kosmos* (lo que los entrevistados creen), *corpus* (lo que los entrevistados saben) y *praxis* (las prácticas tradicionales).

Conocimiento y uso tradicional

Los entrevistados reconocen 17 especies de mamíferos medianos y grandes (cuadro 1, apéndice 17), que son dos especies más que las 15 identificadas

previamente para la región mediante literatura (Coronel 2004, Hernández-Flores 2006, 2009, Morales-García 2007, Sánchez-Rojas *et al.* 2009, 2016). En cuanto a la distribución de las especies en los tipos de vegetación estudiados, no existe una diferencia notable, encontrándose compartidas indiscriminadamente en la flora del municipio. Únicamente en el matorral submontano se reportan dos especies que no se distribuyen en las otras vegetaciones: la liebre y el puma. Este último es un organismo transitorio de esta vegetación, ya que solo en época seca del año se aprecian indicios de su presencia.

Kosmos: lo que los entrevistados creen

De las entrevistas con los pobladores de las comunidades estudiadas se reconocen cinco especies con dotes o “poderes sobrenaturales”, empezando por el coyote (*Canis latrans*), del cual según las respuestas se cree que “tiene poderes psíquicos, ya que al encontrarte con uno te regolda,² provocando que quedes inmovilizado y bajo su encanto”; o bien “si llevas contigo un arma y tratas de detonarla, ésta no sirve, se ceba”. Los entrevistados agregan que “si logras conseguir pelos de la frente de este animal

1 Durante el trabajo de campo de este estudio algunas mujeres argumentaron, entre otros aspectos, que sus maridos eran quienes tenían mayor posibilidad de observar animales silvestres, a causa de sus propias actividades. No obstante, pudo apreciarse que ellas también se encuentran ampliamente vinculadas con las actividades en campo, sobre todo cuando sus parejas salen del país.

2 Término local asignado al asecho que lleva a cabo la especie, aunque es probable que sea una alteración de la palabra ya que en español se ocupa para la acción de expulsar por la boca con ruido los gases que se producen en el estómago (eructar).



Figura 3. Rastros de mamíferos encontrados en Atotonilco el Grande. Huellas de a) mapache; b) cacomixtle; c) puma; d) excreta de zorra con restos de frutos. Fotos: Juan Alfonso Hernández Melo.

te sirven de protección ante tus enemigos, ya que al portarlos estos se sienten intimidados por tu presencia”; o bien “que la punta de la cola del coyote la puedes utilizar para desencadenar riñas en fiestas si así lo deseas; también sirve de amuleto de buena suerte” (figura 2).

Conforme a la información obtenida, esta creencia se comparte con liebres (*Lepus californicus*) y conejos (*Sylvilagus floridanus*), sólo que en estos animales la suerte está en las patas. En el caso del mapache (*Procyon lotor*) cuando es aluzado (iluminado con luz intensa), cierra un ojo para confundirte y no sepas que de qué animal se trata, por lo que los entrevistados resaltan su gran astucia; este atributo también es reconocido en las zorras (*Urocyon cinereoargenteus*) y coyotes, los cuales por su inteligencia son casi imposibles de capturar, debido a que logran identificar dónde han sido colocadas las trampas.

Corpus: conocimiento que las personas poseen

El conocimiento de las especies es amplio entre las personas entrevistadas, ya que conocen parte de su biología, indican en qué épocas se pueden ver juntos (reproducción) y la época de crías; también clasifican sus hábitos alimenticios (omnívoros, herbívoros y carnívoros) e identifican con mayor facilidad a estos últimos, pues representan una amenaza para su ganado o animales domésticos, por lo que en ocasiones llegan a cazarlos para evitar que causen daños. El conocimiento tradicional de los habitantes ha permitido designarles nombres locales, de acuerdo con los hábitos o las características físicas que presentan las diferentes especies. Tal es el caso de la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), a la cual, por poseer una cola esponjada, le han nombrado coluda; por su parte, al zorrillo manchado (*Spilogale gracilis*), por



Figura 4. Mamíferos silvestres con algún aprovechamiento en Atotonilco el Grande: a) conejo (*Sylvilagus floridanus*); b) ardilla (*Otospermophilus variegatus*); c) armadillo (*Dasypus novemcinctus*); d) zorra (*Urocyon cinereoargenteus*). Fotos: Juan Alfonso Hernández Melo.

alimentarse de huevos de gallina y su talla pequeña, se le denomina hueverito.

Las personas también saben identificar las especies por sus rastros, ya sea por huellas (figura 3), como las del mapache que “tienen forma de mano de niño”; el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) “que tiene huella parecida a la de gato doméstico”; o la de puma (*Puma concolor*) “que es grande como del tamaño de una mano de una persona”. Otra manera de diferenciarlos es por las excretas (figura 3), esto según el tamaño o el contenido que en ellas se encuentra; así como por los rastros que dejan al morder la vegetación o frutos. Un ejemplo mencionado es el cacomixtle, el cual “cosecha frutos y los pone a madurar en ramas o huesos”, o las ardillas “que juntan nueces que después consumen”. Dentro del conocimiento tradicional, también se pueden identificar a los animales por su olor, como es el caso de

los zorrillos y su fuerte olor característico; el almizcle de zorra y cacomixtle, que huelen a humedad; o el de coyote que huele a tortilla quemada.

Praxis: usos de los mamíferos medianos y grandes

Se identificaron nueve especies de mamíferos con cuatro usos diferentes: comestible, medicinal, ornamental y artesanal (cuadro 1).

- Uso alimenticio: cinco especies fueron identificadas como alimento: armadillo (*Dasypus novemcinctus*), conejos (*S. floridanus*), liebres (*L. californicus*), ardillas (*Otospermophilus variegatus*) y mapaches (*P. lotor*). El armadillo se prepara frito o en mole (esta especie es apreciada por el sabor de su carne). Los conejos y liebres se fríen y se preparan con mole verde, las ardillas solo se fríen. El mapache se prepara en chito, receta

Cuadro 1. Mamíferos y usos que reconocen los habitantes del municipio Atotonilco el Grande.

Familia	Especies	Nombre común	Fuente de registro	Uso	Clasificación del conocimiento
Artiodactyla					
Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado	E		
Didelphimorphia					
Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	E, L		
	<i>D. marsupialis</i>	Tlacuache	E		
Carnivora					
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	E, L		K
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra o coluda	E, L	A, O	K, C, P
Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montes	E, L		
	<i>Puma concolor</i>	Puma	E, L		C
Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo espalda blanca	E, L	M	C, P
	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo rayado	E, L	M	C, P
	<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado o hueverito	E, L	M	C, P
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Onza	E, L		
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle o coapiote	E, L		C
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache o tejón	E, L	A, C	K, C, P
Lagomorpha					
Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	Liebre	E, L	C	K, P
	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	E, L	C, O	K, P
Rodentia					
Sciuridae	<i>Otospermophilus variegatus</i>	Ardilla	E, L	C, O	C, P
Cingulata					
Dasypodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo	E, L	A, C, O	P

Fuente de registro: E: entrevista; L: literatura. Uso: A: artesanal; C: comestible; M: medicinal; O: ornamental. Clasificación del conocimiento: K: *kosmos*; C: *corpus*; P: *praxis*. Fuente: elaboración propia.

- tradicional que consiste en cubrir la carne en masa y adobo, la cual se envuelve en pencas de maguey y se cuece bajo tierra, de modo parecido a la barbacoa.
- Uso de medicina tradicional: se identificaron las tres especies de zorrillo (Mephitidae, cuadro 1); los entrevistados mencionan que “curan o ayudan a controlar diferentes enfermedades como diabetes, anemia, afecciones en garganta, ojos y piel”.
 - Uso ornamental: en las zonas rurales es posible encontrar animales de talla pequeña como mascotas u ornato, entre ellos conejos, ardillas, armadillos y en raras ocasiones carnívoros como la zorra (figura 4); estas especies comúnmente son encontradas como juveniles y se desarrollan en los domicilios de las personas, por lo cual logran sobrevivir al cautiverio.
 - Uso artesanal: se identificó el uso de pieles de mapache y zorra, así como animales taxidermi-

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

zados que utilizan como adorno de las casas. Un dato interesante es que con la concha del armadillo es elaborado un morral que es utilizado para cargar las semillas cuando se siembra.

Dentro de los usos se identificó a un animal que fue llevado a la extinción local: el venado, debido a la caza continua para el consumo de su carne. Las personas con más edad mencionan que hace aproximadamente 40 años estos animales se dejaban ver, pero desaparecieron de la zona a consecuencia de la actividad cinegética y a la introducción de ganado vacuno, por lo que solo se cuenta con registros históricos de la especie. En cuanto a las demás especies, se desconoce si sus poblaciones están siendo afectadas y a qué ritmo, ya que la colecta de ejemplares no es sistemática; en algunos periodos la explotación de estas especies llega a ser nula, lo que permite su recuperación. Sin embargo, la información es escasa y se requiere de un monitoreo constante para conocer con mayor detalle el impacto del aprovechamiento sobre su dinámica poblacional. A su vez, se recomienda una regulación local, para que el uso de estas especies pueda desarrollarse de manera sustentable a nivel estatal y municipal.

Es importante destacar que también se identificaron especies con las cuales se observan conflictos debido a que consumen especies domésticas, cultivos y ganado. Animales como la zorra, el coyote, y en ocasiones el cacomixtle, consumen gallinas, guajolotes y cabras. El mapache es señalado como el principal consumidor de cultivos de maíz, lo que provoca bajo rendimiento productivo; en el caso de los felinos como el puma se ha sabido que en épocas de sequía ha atacado chivas, caballos y vacas (véase *El puma de Actopan* en esta obra).

Conclusiones y recomendaciones

Atotonilco el Grande es una comunidad mestiza, asentada en un entorno rural, donde sus habitantes

Referencias

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México*. SEMARNAT, México.

aún resguardan, recopilan y transmiten creencias acerca de mamíferos medianos y grandes. Esto forma parte del conocimiento tradicional y de la cultura de las poblaciones locales, por lo que resulta de gran interés empezar a recopilar de manera sistemática y escrita esta información. Este trabajo permitió identificar que el conocimiento local sobre mamíferos medianos y grandes es alto, ya que además de identificar más especies que las registradas por metodologías y técnicas de ciencia convencional, se resalta que las personas conocen múltiples aspectos de la historia natural de estos organismos, reflejando una amplia interacción entre el ser humano y su entorno. Identificar las especies usadas y valoradas por una comunidad permite vislumbrar posibles problemáticas de conservación biológica, como conflictos con las especies, uso y cacería ilegal. Asimismo, la recopilación de esta información permite identificar el vínculo cultural con la biodiversidad, lo que se manifiesta en las creencias y el conocimiento biológico.

A nivel municipal y en las diferentes regiones que conforman a Hidalgo se llevan a cabo actividades de aprovechamiento similares a las descritas anteriormente. Por ello, es necesario promover investigaciones que involucren diferentes grupos culturales para determinar qué especies y de qué manera se utilizan. En la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo se trabaja continuamente este tema y se busca difundir los resultados de dichas investigaciones (p.e. Gutiérrez-Santillán *et al.* 2019); estos esfuerzos permiten identificar a las especies o grupos que están bajo presión antropogénica, y con ello detectar a aquellas que requieren una mayor atención, enfocando los esfuerzos de conservación siempre bajo el principio de involucrar a las comunidades locales. Mediante este trabajo conjunto, se podría promover el uso sustentable y regulado de estas especies, además de fortalecer los estudios biológicos, de educación ambiental y acciones para la conservación de los mamíferos.

Coronel, A.H. 2004. *Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

- Gutiérrez-Santillán, TV., A. Moreno-Fuentes, Á. Sánchez-González y G. Sánchez-Rojas. 2019. Knowledge and use of biocultural diversity by Nahuatl in the Huasteca region of Hidalgo, Mexico. *Ethnobiology and Conservation* 8(7):1-31.
- Hernández-Flores, S.D. 2006. *Lista anotada y distribución de los mamíferos del Parque Nacional el Chico, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Hernández-Flores, S.D. 2009. *Diversidad y distribución del ensamblaje de mamíferos en la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Atotonilco el Grande, Hidalgo*. INEGI, México.
- _____. 2016. *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie vi*. INEGI, México.
- Morales-García, J.J. 2007. *Ensamblaje de mamíferos terrestres en un bosque templado en áreas bajo diferente manejo forestal en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Sánchez-Rojas, G., C. Aguilar-Miguel y E. Hernández-Cid. 2009. Estudio poblacional y uso de hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Tropical Conservation Science* 2(2):204-214.
- Sánchez-Rojas, G., S.D. Hernández, J. Castillo-Cerón et al. 2016. Riqueza, composición y conservación de los mamíferos del estado de Hidalgo, México. En: *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal*. M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota et al. (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Asociación Mexicana de Mastozoología A.C./Universidad de Guanajuato, México, pp. 281-310.
- Toledo, V.M. 1991. *El juego de la supervivencia. Un manual para la investigación etnoecológica en Latinoamérica*. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo, Estados Unidos.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

ESTUDIO DE CASO

El laurel en el Parque Nacional El Chico

Daniela Ortega Meza y Darío Eduardo Ortiz Quijano

Introducción

El laurel silvestre (género *Litsea*) es un árbol o arbusto con gran valor comercial por sus propiedades medicinales y como condimento básico en la gastronomía mexicana, incluso utilizado en rituales religiosos y festividades (principalmente católicas). A nivel mundial, el género *Litsea* está representado por cerca de 400 especies, distribuidas principalmente en el sur de Asia (incluyendo Australasia), donde es posible encontrar las especies *L. pungens*, *L. cubeba* y *L. japonica*, ampliamente comercializadas por sus propiedades antioxidantes (Hwang *et al.* 2005, Jiang *et al.* 2009, Yoon *et al.* 2015). En el continente americano, especies de este género se distribuyen en México, Guatemala, Honduras, Salvador y Costa Rica.



Figura 1. Laurel silvestre (*Litsea glaucescens*). Foto: Joari Costa de Arruda.

En México se han identificado siete especies: *L. glaucescens*, *L. guatemalensis*, *L. muelleri*, *L. neesiana*, *L. parvifolia*, *L. pringlei* y *L. schaffneri* (Jiménez-Pérez *et al.* 2011). De éstas, *L. glaucescens* (figura 1) es considerado como uno de los productos forestales no maderables con alto potencial de manejo, cuyo aprovechamiento data de la época prehispánica, cuando se le atribuían diversos efectos medicinales (CONABIO 1998, Camou-Guerrero *et al.* 2008).

La distribución de *L. glaucescens* comprende los estados de Veracruz, México, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Sinaloa y Chiapas. Esta planta es reconocida con diferentes nombres dependiendo de la región: laurel (Veracruz, México, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas e Hidalgo), laurill (Zacatecas, Nayarit y Jalisco), laurillo (Michoacán), laurel de la sierra (Sinaloa), sufricaya o sufricago (algunas partes de Veracruz) y *ziz-uch* (ciertas regiones de Chiapas; Tucker *et al.* 1992, Villavicencio-Nieto y Pérez-Escamilla 2013). En Hidalgo, se ha identificado a la especie en los municipios Acaxochitlán, Actopan, Atotonilco el Grande, Epazoyucan, Huasca de Ocampo, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Omitlán, Pachuca y Tulancingo (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escamilla 2013). Además, hay evidencia de poblaciones de laurel en

Ortega-Meza, D. y D.E. Ortiz-Quijano. 2021. El laurel en el Parque Nacional El Chico. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 350-354.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Metztitlán y en municipios del Valle del Mezquital (p.e. Tula de Allende, Tezontepec de Aldama, Tepetitlán, Chilcuautla y Alfajayucan; Razo *et al.* 2005, Ortiz-Quijano 2016).

Sin embargo, en el Parque Nacional el Chico se presentan problemas en torno a la recolección y uso ilegal de esta especie, debido a que, a pesar de ser un área natural protegida donde es posible encontrar poblaciones silvestres, se ha detectado evidencia de cosecha, principalmente para comercialización (Ortega-Meza 2019). En esta área se ha identificado que el laurel está asociado a bosques de oyamel y oyamel-encino, en laderas a grandes altitudes. Lo anterior coincide con investigaciones que refieren que la especie se distribuye entre los 800 y 2 830 msnm, y se relaciona con madroño (*Arbutus spp.*), manzanita (*Arctostaphylos spp.*), cardo (*Cirsium spp.*), ciprés (*Cupressus spp.*), enebro azul (*Juniperus monticola*) y *Heuchera spp.*, especies características de bosques templados (Barrios-Rodríguez y Medina-Cota 1996, Luna-Vega 2003). Otros estudios han relacionado al laurel con encinares (Razo *et al.* 2005, Dávila-Figueroa *et al.* 2011, Flores-Gallegos 2014, Vásquez-Cortez 2016). En el parque nacional, la mayor abundancia de laurel se observa en barrancas y pendientes, en los sitios conocidos como Carpinteros, El Gallo, El Muerto, El Tejón, Las Agujas, León Alado, Las Goteras y Barranca del Ayacahuite (Ortega-Meza 2019).

Importancia cultural

En la medicina tradicional y herbolaria esta especie es utilizada como infusión para el alivio de la congestión de pecho, tos, enfermedades del oído, diversas enfermedades gastrointestinales y dolor intestinal (Argueta *et al.* 1994, López *et al.* 1995). Los curanderos incorporan también sus ramas en actos simbólicos y ceremoniales para limpiezas y barridos del mal de ojo, junto con otras hierbas usadas para retirar energías negativas o malestares a las personas (Dávila-Figueroa *et al.* 2011, Jiménez-Pérez *et al.* 2011).

Su empleo está documentado en caso de espasmos dolorosos, postparto, esterilidad, dismenorrea y para la recaída de mujeres adultas (Argueta *et al.* 1994). En Hidalgo, específicamente en el Parque Nacional El Chico, la gente de las localidades aledañas lo utiliza con fines medicinales, principalmente para

enfermedades como tos, espanto, malas energías y entuertos (espasmos dolorosos del útero posteriores al parto); además, se le da un uso especial como antiséptico (Ortega-Meza *et al.* 2019). En fechas recientes, los aceites esenciales de laurel han sido analizados, descubriendo propiedades como antidepresivo y relajante natural (Guzmán-Gutiérrez *et al.* 2012, 2014). En el ámbito culinario, la esencia y sabor de *L. glaucescens* se consideran indispensables para la elaboración de algunos alimentos, entre ellos los que se preparan con la técnica del escabeche (p.e. chiles y nopales). Asimismo, es utilizado en la condimentación de algunas carnes y en la elaboración de salsas (Blancas *et al.* 2013, Ortega-Meza *et al.* 2019).

En el contexto religioso católico tradicional de algunas comunidades rurales, como es el caso de Tezontepec de Aldama, Tepetitlán y Chilcuautla, localizadas en el Valle del Mezquital, es utilizado como elemento natural de sus rituales y cosmovisión (Ortiz-Quijano 2016). A esta planta se le atribuyen propiedades de protección, ya sea por sus propiedades curativas o auxiliares, y su uso es un componente básico de una ofrenda divina (Dávila-Figueroa *et al.* 2011, Montañez-Armenta *et al.* 2011, Blancas *et al.* 2013, Ortiz-Quijano 2016). La Comarca Minera –región geocultural en la que se localiza el Parque Nacional El Chico– posee poblaciones rurales (p.e. El Puente y La Estanzuela) en las cuales se realizan prácticas religiosas donde el laurel tiene un papel importante como elemento asociado a la vida ritual, principalmente en la celebración de El Señor de los Laureles, la cual se lleva a cabo dos semanas antes del Domingo de Ramos (Ortega-Meza, 2019). Sin embargo, en la actualidad este uso ya no se observa.

En el Valle del Mezquital hidalguense y en el Altiplano del Estado de México se han registrado diversas costumbres, principalmente en la temporada de Semana Santa y algunas fiestas patronales, donde las personas integran al laurel en sus ofrendas, ceremonias y prácticas religiosas, dándole un significado sagrado. Cabe destacar que, específicamente en los municipios Nopaltepec (Estado de México) y Tezontepec de Aldama (Hidalgo), existen peregrinaciones organizadas para ascender a las montañas en busca de laurel. En estos ritos se realizan actos de petición y permiso a los seres protectores de las montañas para la recolección de la planta. Una vez colectada, se lleva en procesión durante los días



Figura 2. Santo Huerto, Tezontepec de Aldama. Foto: Darío Eduardo Ortiz Quijano.



Figura 3. Procesión del Bastón del Padre Mayor con el Santo Huerto, Tezontepec de Aldama. Foto: Darío Eduardo Ortiz Quijano.

santos, en forma de objetos de culto como el Santo Huerto de los Olivos (figuras 2 y 3) o los ramos del Domingo de Ramos. En estos objetos el laurel es utilizado como reliquia protectora de hogares, ya que se le atribuye la capacidad de ahuyentar tempestades y tormentas al quemar sus hojas secas (Ortiz-Quijano 2016, Ortega-Meza 2019).

Es evidente que el laurel posee una importancia cultural en el fortalecimiento de la cohesión social a través de festejos, ceremonias religiosas, gastronomía y medicina tradicional. De esta forma, el aprovechamiento del recurso que hacen las comunidades rurales manifiesta las cosmogonías, la pluriculturalidad y la evocación de la memoria colectiva donde se configuran y reconfiguran las diversas identidades culturales (Toledo y Barrera-Bassols 2008).

Problemática actual

Los atributos de esta planta han hecho que desde tiempos prehispánicos se haya comercializado como producto forestal no maderable; sin embargo, en la actualidad su uso se encuentra restringido debido a que fue integrada desde 2001 a la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010), como especie en peligro de extinción. A pesar de esta situación, su extracción continúa siendo una actividad cotidiana para los habitantes de las comunidades de diversos estados en el país.

En este sentido, se han realizado estudios sobre su aprovechamiento (Montañez-Armenta *et al.* 2011)

donde se muestra que una de las temporadas más importantes de extracción es Semana Santa; no obstante, las prácticas tradicionales asociadas a la recolección de *L. glaucescens* por parte de las comunidades rurales no son la principal causa de la sobreexplotación de la especie. En los lugares donde ocurren estas celebraciones se han recopilado testimonios que señalan la existencia de grupos de personas ajenas a las comunidades, quienes aprovechan las temporadas de festejos para sustraer el laurel de manera ilícita en grandes cantidades. Este fenómeno ocasiona que frecuentemente las instituciones gubernamentales que protegen al laurel confundan y señalen como responsables del deterioro mayor a las comunidades locales. En el caso de las poblaciones cercanas al Parque Nacional El Chico, se ha dejado de utilizar el laurel en la mayoría de las prácticas festivas (Ortega-Meza *et al.* 2019). No obstante, se han identificado algunos grupos locales que viven de la comercialización del laurel, siendo esta actividad su principal fuente de ingreso (Ortega-Meza 2019).

Se tiene conocimiento de que, en la Ciudad de México, un kilo de laurel es vendido entre 10 y 20 pesos en la central de abastos (más que en los mercados locales). En este sitio, se pueden distinguir secciones que indican su procedencia (p.e. Hidalgo, Estado de México, San Luis Potosí). El laurel de Hidalgo es el más valorado por su sabor y olor (Linares y Bye 2016). Esta diferencia también es identificada por los habitantes del parque nacional, quienes

reconocen al menos dos tipos del laurel, el del parque y el de otros sitios de la Comarca Minera, considerando al primero como el más aromático.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ha realizado decomisos de *L. glaucescens* proveniente de los municipios Pachuca y Mineral del Chico. En total se han decomisado 1 888 kg entre 2003 y 2017; de acuerdo con la procuraduría, este recurso fue extraído del Parque Nacional El Chico y su zona de influencia (PROFEPA 2017). Es necesario mencionar que los datos registrados sobre la cantidad de laurel recolectado son sólo de PROFEPA; a éstos habría que agregar los de la Procuraduría General de Justicia y otros volúmenes no registrados.

Perspectivas en el Parque Nacional El Chico

En esta área natural protegida se establecieron dos unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), dedicadas a la producción de laurel y otras plantas (principalmente ornamentales). Estas UMA son apoyadas parcialmente por los programas gubernamentales de fomento a actividades sostenibles dentro del área natural que ofrece la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Sus manejadores siembran el laurel a partir de sus semillas y han desarrollado con éxito técnicas propias para su germinación; además, han logrado una buena producción y están buscando la implementación de tecnologías que permitan la deshidratación de hojas para su comercialización a gran escala. Sin embargo, la competencia es desleal, ya que sus precios de producción resultan más altos

que los que se otorgan con la colecta ilegal. Otros intentos para lograr el uso sustentable de la especie en Hidalgo son cuatro proyectos en desarrollo (promocionados por la Comisión Nacional Forestal desde 2016), enfocados al aprovechamiento de los productos forestales no maderables (CONAFOR 2017).

Conclusiones y recomendaciones

El uso de productos forestales no maderables, como el laurel, representa parte de la gran diversidad cultural que identifica a México, no solo en la vida cotidiana de las comunidades rurales, sino también en las poblaciones urbanas, a través de su uso en la gastronomía, medicina tradicional y artesanías, por mencionar algunos. Considerando que estos productos tienen gran valor cultural y que son esenciales como medios de subsistencia en las comunidades indígenas y rurales de México, el aprovechamiento de no maderables debe buscar el desarrollo de sistemas productivos sostenibles que incluyan una apreciación de las dimensiones ecológicas y técnicas, pero también sociales, institucionales, políticas y de mercado.

Esto a su vez requiere de nuevas herramientas conceptuales y metodológicas para entender el contexto de aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, así como de intervenciones incluyentes de agentes externos, el estado y personas locales que articulen los usos locales, con la necesidad de conservar recursos como *L. glaucescens*. Los esfuerzos en la materia deberán enfocarse en un tipo de conservación basada en comunidades, que permita devolver la gestión de los recursos naturales a las poblaciones humanas locales.

Referencias

- Argueta, A., L. Cano y M. Rodarte. 1994. *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. Instituto Nacional Indigenista, México.
- Barrios-Rodríguez, M.A. y J.M. Medina-Cota. 1996. *Estudio Florístico de la Sierra de Pachuca, Estado de Hidalgo*. IPN/CONABIO, México.
- Blancas, J., A. Casas, D. Pérez et al. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9(39):1-22.
- Camou-Guerrero, A., V.M. Reyes-García, R. Martínez et al. 2008. Knowledge and use value of plant species in a Rarámuri community: a gender perspective for conservation. *Human Ecology* 36(2):259-272.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de País*. CONABIO, México.
- CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2017. *Listado de proyectos apoyados mediante el PRONAFOR 2016 para realizar estudios en laurel*. CONAFOR, México.

- Dávila-Figueroa, C.A., F. Flores, F. Domínguez *et al.* 2011. Estatus poblacional y niveles de aprovechamiento del laurel silvestre (*Litsea glaucescens*) en Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(4):47-59.
- Flores-Gallegos, M.I. 2014. *Factores de sitio y estructura de Litsea glaucescens (Laurel) en un entorno ripícola/rupícola de una región árida*. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Texcoco.
- Guzmán-Gutiérrez, S.L., R. Gómez-Cansino, J.C. García-Zebadúa *et al.* 2012. Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: Identification of β -pinene and linalool as active principles. *Journal of Ethnopharmacology* 143(2):673-679.
- Guzmán-Gutiérrez, S.L., R. Reyes-Chilpa y H. Bonilla-Jaime. 2014. Medicinal plants for the treatment of "nervios", anxiety, and depression in Mexican Traditional Medicine. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 24(5):591-608.
- Hwang, J.K., E.M. Choi y J.H. Lee. 2005. Antioxidant activity of *Litsea cubeba*. *Fitoterapia* 76(7):684-686.
- Jiang, Z., Y. Akhtar, R. Bradbury *et al.* 2009. Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(11):4833-4837.
- Jiménez-Pérez, N.C., F.G. Lorea-Hernández, C. Jankowski *et al.* 2011. Essential oils Mexican bays (*Litsea* ssp., Lauraceae): Taxonomic assortment and ethnobotanical implications. *Economic Botany* 65(2):178-189.
- Linares, E. y R. Bye. 2016. Profesores investigadores del Instituto de Biología-UNAM. Comunicación personal, diciembre.
- López, J.A., W. Barillas, J. Gómez-Laurito *et al.* 1995. Flavonoids of *Litsea glaucescens*. *Planta Medica* 61(2):198.
- Luna-Vega, I. 2003. *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Bases de datos SNIB-CONABIO, Proyecto Wo25. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Montañez-Armenta, M., T.E. Medina y S. Martín. 2011. Aprovechamiento tradicional de una especie protegida (*Litsea glaucescens* Kunth) en "Sierra del Laurel", Aguascalientes, México. *Ra Ximhai* 7(2):155-172.
- Ortega-Meza, D. 2019. *Relaciones entre los productos forestales no maderables y el turismo: el caso del laurel (Litsea glaucescens Kunth) en el Parque Nacional el Chico, México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Ortega-Meza, D., M.T. Pulido-Silva, J.C. Arruda *et al.* 2019. Ethnobotanical study of the Mexican Laurel in El Chico National Park, Mexico: a quantitative perspective. *Ethnobiology Letters* 10(1):1-13.
- Ortiz-Quijano, D.E. 2016. *La Pasión de Tezontepec. Tradición, cultura e identidad. Monografía histórica de la festividad de Semana Santa en Tezontepec de Aldama Hgo.* Secretaría de Cultura del Estado de Hidalgo, México.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2017. *Informe de decomisos de laurel (Litsea glaucescens) efectuado durante el periodo de 2003-2017 en la Zona de Influencia del Parque Nacional el Chico*. SEMARNAT, México.
- Razo, Z.R., G.J. Capulín y M.C. Palacios. 2005. Algunos requerimientos ecológicos del laurel (*Litsea glaucescens* H.B.K.) en el municipio de Metztlán, Hgo. En: *Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. SOMERFO/UACH, Chihuahua.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Toledo, V.M. y N. Barrera-Bassols. 2008. *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial, España.
- Tucker, A.O., M.J. Maciarello y M. Hill. 1992. *Litsea glaucescens* Humb., Bonpl. et Kunth var. *glaucescens* (Lauraceae): a Mexican bay. *Economic Botany* 46(1):21-24.
- Vásquez-Cortez, V.F. 2016. *Estructura poblacional del Litsea glaucescens Kunth en bosques bajo manejo de la Sierra Norte de Oaxaca*. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Texcoco.
- Villavicencio-Nieto, M.A. y B.E. Pérez-Escamilla. 2013. *Plantas Medicinales del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Yoon, W.J., S.M. Song, Y.M. Ham *et al.* 2015. Anti-osteoarthritis effects on fruit extract of *Litsea japonica*. *Korean Journal Plant Research* 28(5):591-599.



Uso tradicional de vertebrados silvestres

Jorge Valencia Herverth, Leonardo Fernández Badillo y Sol de Mayo Mejenes López

Introducción

En diferentes regiones del planeta se ha observado que diversos grupos humanos se apropian de los recursos naturales presentes en sus territorios (Toledo y Boege 2009), lo cual ha dado lugar al establecimiento de una relación socio-ecológica (Pretty *et al.* 2009) en donde cada etnia posee una propia percepción, conocimiento y uso de la naturaleza (Posey 1987). A nivel mundial, se reconoce que existe una co-ocurrencia espacial entre los componentes ecológicos, ambientales y culturales (Maffi 2005).

La estrecha relación que ha tenido el ser humano con la naturaleza se ve reflejada desde tiempos remotos, debido a diversas razones, entre las que se incluyen aspectos culturales, religiosos y de subsistencia (Descola y Pálsson 2001). En distintas partes del mundo, desde culturas antiguas y hasta la actualidad, se han utilizado un considerable número de especies para obtener alimento, medicina, vestido, abrigo, combustible, fibras, herramientas e ingresos económicos mediante su comercio o intercambio (Robinson y Redford 1997).

Una de las interacciones biológicas más antiguas y mejor conocidas que existen, se da entre el ser humano y los animales (Alves *et al.* 2009). En México, la fauna silvestre ha sido un recurso de gran importancia desde tiempos prehispánicos (Naranjo-Piñera 2013), relación que se ha documentado de manera constante en estudios realizados desde principios del siglo xx y hasta la actualidad (Argueta-Villamar

et al. 2012). Estos estudios etnozoológicos ayudan a comprender las prácticas humanas (realizadas por los distintos pueblos originarios y mestizos del país) sobre el uso y manejo de la fauna silvestre (Argueta-Villamar *et al.* 2012). En ellos se observa que, de manera general, la valoración del uso de la fauna silvestre puede clasificarse como tangible (p.e. comestible, comercio, medicinal, ornato), e intangible (p.e. místico, espiritual, cultural y ecológico), lo que ha generado diversos enfoques de estudio (Santos-Fita *et al.* 2012).

A pesar de lo anterior, el conocimiento sobre el uso de la fauna silvestre en México dista de estar completo (Guerra *et al.* 2010), y se mantienen vacíos de información para algunas entidades del país. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo reunir información descriptiva referente al uso que diferentes grupos indígenas de Hidalgo (sin excluir a la población mestiza) llevan a cabo sobre la fauna silvestre y con ello ampliar el panorama sobre el uso tradicional de estos recursos naturales.

Desarrollo del estudio

Hidalgo ocupa el sexto lugar a nivel nacional en población indígena; las principales lenguas habladas son náhuatl (65%), otomí (31%) y tepehua (0.5%). Existen diez regiones geoculturales en el estado: la Huasteca, la Sierra Alta, la Sierra Baja, la Sierra Gorda, la Sierra Otomí-Tepehua, el Valle de Tulancingo, el Valle del Mezquital, la Comarca Minera, la Altiplanicie

Valencia-Herverth, J., L. Fernández-Badillo y S.M.A. Mejenes-López. 2021. Uso tradicional de vertebrados silvestres. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 355-364.

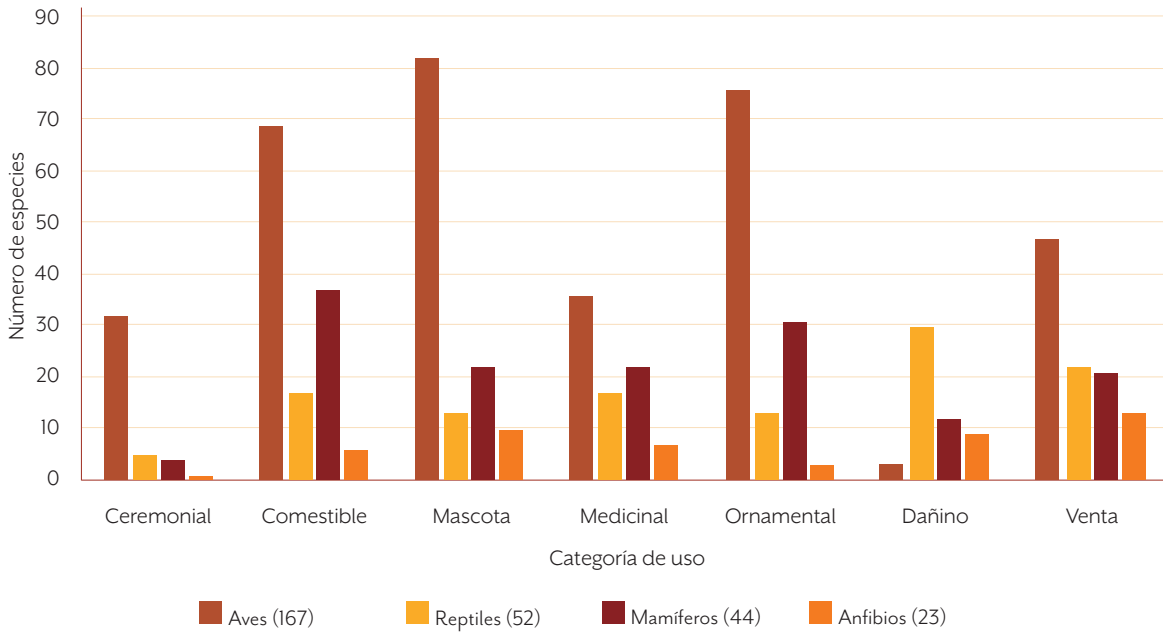


Figura 1. Número de especies de vertebrados silvestres por categoría de uso. Los usos no son excluyentes por lo que una misma especie puede tener más de un uso. Fuente: elaboración propia.

Pulquera y la Cuenca de México. De ellas, tres (la Huasteca, el Valle del Mezquital y la Sierra Otomí-Tepehuá) son importantes por su concentración de pueblos indígenas (Báez *et al.* 2012).

En este capítulo se presenta una descripción general sobre los usos de la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en Hidalgo. Para ello se consultaron diversas fuentes como artículos, capítulos de libros, tesis profesionales, memorias de residencia profesional e informes técnicos (Martín del Campo 1936, Montoya 1968, Pérez 1992, Castro y Romo 1998, Hernández 1998, Bautista 2003, Bernardino 2008, Fernández-Badillo 2008, Martínez y Vega 2009, Aquino y Azuara 2010, Gutiérrez-Santillán 2010, 2013, 2015, Gutiérrez-Santillán *et al.* 2010, Penguilly-Macias *et al.* 2010, Vidal 2010, Alonso 2011, Franco y Hernández 2011, González y Solís 2011, Hernández y Bautista 2011, Dávila 2012, Hernández *et al.* 2012, Cruz 2013, Gutiérrez-Santillán y Sherbrooke 2014, Cruz-Elizalde *et al.* 2017, González 2017), además de datos inéditos recopilados por los autores durante más de una década en distintos trabajos de campo en Hidalgo.

En esta revisión, a cada especie se le asignó una o más categorías de uso: ceremonial (empleadas en cuestiones místicas o ritos), comestible, mascota

(incluyendo aves canoras y de ornato), medicinal, ornamental (ejemplares preservados total o parcialmente), dañino (que pueden ocasionar algún efecto negativo al ser humano) y venta (ejemplares o alguna parte de ellos empleada para comercialización).

Conocimiento etnozoológico en Hidalgo

En Hidalgo se han registrado 286 especies de vertebrados (285 identificadas) usadas por distintos grupos indígenas y mestizos, principalmente en la región Huasteca (apéndice 18). Los usos particulares de cada grupo de vertebrados terrestres se muestran en la figura 1, y se describen a detalle a continuación. El grupo más usado fueron las aves con 167 especies, seguido de reptiles (52), mamíferos (44) y anfibios (23). Del total, 73 especies (11 anfibios, 22 reptiles, 31 aves y 9 mamíferos) se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y 52 especies (2 reptiles, 35 aves y 15 mamíferos) se encuentran en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (apéndice 18; CITES 2015).

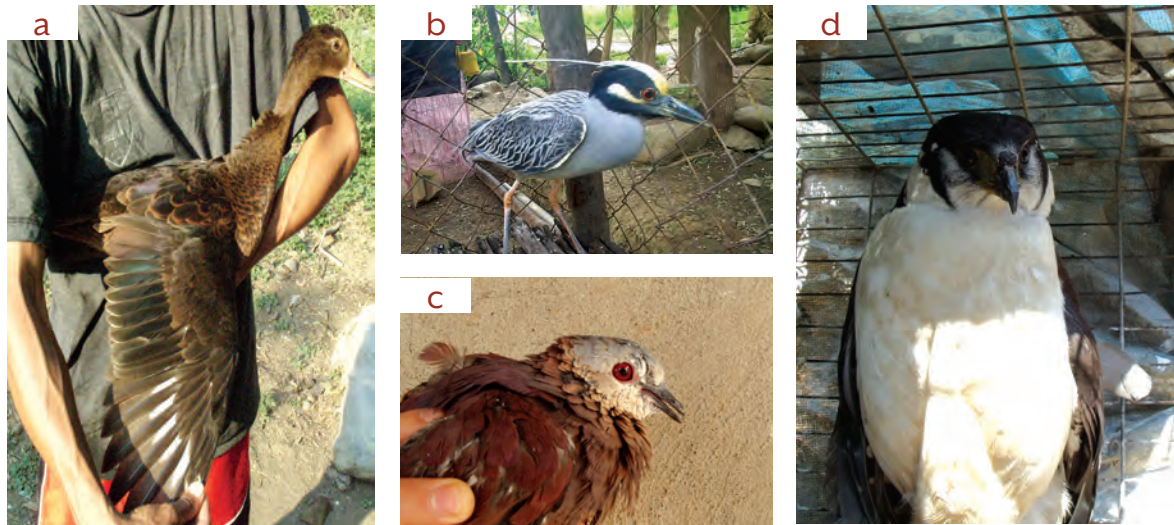


Figura 2. Varias especies de aves usadas como mascotas: a) pato tejano (*Anas fulvigula*); b) garza nocturna (*Nyctanassa violacea*); c) paloma cara blanca (*Zentrygon albifacies*); d) halcón de collar (*Micrastur semitorquatus*). Fotos: Jorge Valencia Herverth (a, b), Raúl Valencia Herverth (c), Tania V. Gutiérrez (d).

Aves

Las aves constituyeron el grupo más explotado con 167 especies. Éstas son valoradas para distintos propósitos, principalmente como mascotas (82 especies, figura 2), alimento, medicinal, o ceremonial (Valencia-Herverth *et al.* 2008, Alonso 2011, Dávila 2012, Gutiérrez-Santillán 2013). Las familias que han sido frecuentemente observadas como mascotas (aves canoras y de ornato) entre los pobladores de distintas regiones de Hidalgo son Columbidae (palomas), Turdidae (primaveras) y Psittacidae (loros). Sin embargo, se han documentado otras familias de aves menos comunes como Accipitridae (águilas), Falconidae (halcones), Strigidae (tecolotes), Anatidae (patos) y Cracidae (chachalacas, cojolites y faisanes).

Las aves canoras más apreciadas son palomas (*Columbina* spp., *Patagioenas* spp. y *Zenaida* spp.), jilgueros (*Myadestes occidentalis*), clarines (*M. unicolor*), primaveras (*Turdus assimilis*, *T. grayi* y *T. infuscatus*), cenizos (*Mimus polyglottos*) y calandrias (*Icterus* spp.), entre otras. Por su parte, los loros son un grupo con fuerte comercio ilegal en la entidad (Valencia-Herverth *et al.* 2011); entre las especies con mayor presión se encuentran el loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*, figura 3a), el loro cachete amarillo (*A. autumnalis*, figura 3b), el loro corona blanca (*Pionus senilis*, figura 3c) y pericos (*Eupsittula nana* y *Psittacara holochlorus*).

Otras aves como chachalacas (*Ortalis vetula*), cojolites (*Penelope purpurascens*), faisanes (*Crax rubra*, figura 4), tinamúes (*Crypturellus cinnamomeus*) y codornices o gallinas de monte (*Callipepla squamata*, *Colinus virginianus*, *Dactylortyx thoracicus* y *Dendrortyx barbatus*), presentan una fuerte presión de cacería principalmente por grupos indígenas, quienes aprecian mucho este recurso como especies comestibles o mascotas (Valencia-Herverth *et al.* 2008). En cambio, los grupos mestizos tienen una mayor preferencia por varias especies de patos y codornices, que son utilizadas como alimento y pueden ser obtenidas en áreas abiertas. De las aves documentadas, cabe destacar que tres se encuentran en peligro de extinción según la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010): el pato real (*Cairina moschata*), la codorniz veracruzana (*Dendrortyx barbatus*) y el loro tamaulipeco (*A. viridigenalis*), que algunos pobladores usan como alimento, mascotas o mercancía.

Mamíferos

Se han registrado 44 especies (43 identificadas) de mamíferos aprovechados para distintos propósitos, lo que representa 29.9% de los mamíferos registrados para Hidalgo (Rojas-Martínez *et al.* 2017). Las especies más explotadas fueron jabalí o pecarí de collar (*Dicotyles crassus*, figura 5), venado cola blanca

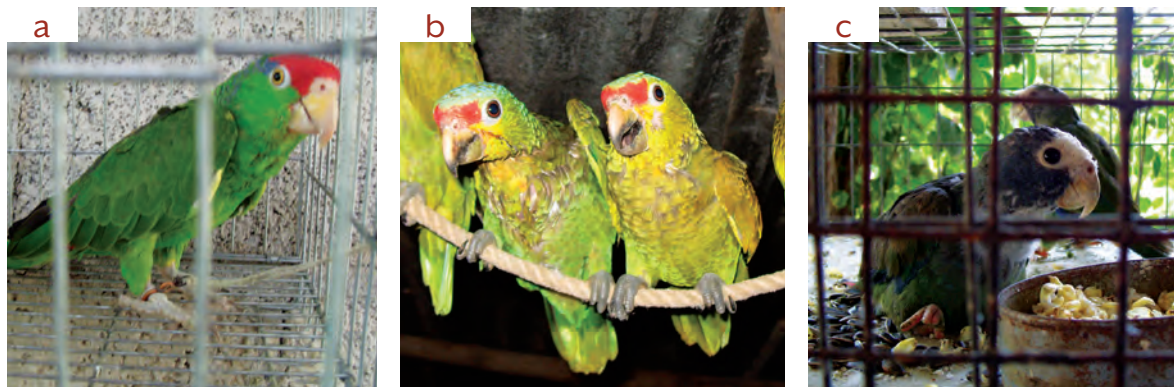


Figura 3. Distintas especies de loros y pericos que se comercializan de manera ilegal: a) loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*); b) loro cachete amarillo (*A. autumnalis*); c) loro corona blanca (*Pionus senilis*). Fotos: Jorge Valencia Herverth (a, c), Raúl Valencia Herverth (b).

(*Odocoileus virginianus*), tejón (*Nasua narica*), tuza real o tepezcuintle (*Cuniculus paca*), conejos (*Sylvilagus* spp.) y coachacal o temazate (*Mazama temama*), entre otros. Cabe señalar que para el caso de cuatro especies catalogadas como en peligro de extinción (*Eira barbara*, *Leopardus pardalis*, *L. wiedii* y *Tamandua mexicana*; SEMARNAT 2010), se han documentado distintos tipos de uso, siendo los más comunes comestible, mascota, medicinal, ornamental y venta.

La mayoría de los mamíferos (37 especies) son cazados para la obtención de proteína (uso alimenticio) por parte de grupos indígenas y mestizos. Entre las especies que tienen mayor presión de cacería se encuentran armadillos (*Dasypus novemcinctus*), tuzas reales, jabalíes, conejos y venados. Además, se aprovechan otras partes del organismo cazado, como la piel (figura 6), astas, patas, colmillos o cráneos, que son utilizados como piezas ornamentales y productos de venta o intercambio (Almazán-Catalán et al. 2013). Aunque el comercio de productos obtenidos de mamíferos no es común, se observa la venta de su carne, principalmente en las comunidades indígenas, pero es rara la comercialización de pieles como se da en otros estados (Aranda 1997).

Además, se ha documentado el uso de cinco especies de felinos en Hidalgo (*Herpailurus yagouaroundi*, *L. pardalis*, *L. wiedii*, *Lynx rufus* y *Puma concolor*) principalmente como elementos de ornato, ya que se exhiben ejemplares disecados o pieles curtidas en las casas de los cazadores, sin que exista una fuerte comercialización (Gómez

2013, Gutiérrez-Santillán 2015). Asimismo, se han observado tigrillos (*L. wiedii*, figura 7), ocelotes (*L. pardalis*) y gatos monteses (*L. rufus*) como mascotas; en medicina tradicional, la grasa de distintos felinos se emplea para aliviar enfermedades de las articulaciones, y en ocasiones algunas partes de sus cuerpos se usan como amuletos (Gutiérrez-Santillán y Ruíz-Gutiérrez 2019). Los felinos han generado una profunda relación cultural con el ser humano desde tiempos prehispánicos, la cual se ha mantenido hasta nuestros días (Guerrero 2010); son especies con un alto valor cultural en algunas ceremonias, mitos y leyendas, entre los que destacan el jaguar (*Panthera onca*), conocido localmente como tigre o tecuani; esta especie no se registra en el apéndice 18, ya que solo se documentó dentro de relatos de personas en la Huasteca (Gutiérrez-Santillán 2013, 2015).

En varias regiones de Hidalgo se observaron mamíferos como mascotas (50%). Entre los más comunes se encuentran ardillas (*Sciurus* spp.), conejos (*Sylvilagus* spp.), tejones (*N. narica*), mapaches (*Procyon lotor*), venados (*M. temama* y *O. virginianus*, figura 8), jabalíes (*D. crassus*), martuchas (*Potos flavus*), zorras (*Urocyon cinereoargenteus*), felinos (*L. pardalis*, *L. wiedii* y *L. rufus*), tuzas reales (*C. paca*) y puercoespines (*Coendou mexicanus*). Otras especies de mamíferos son explotadas por su utilidad en la medicina tradicional, como los tlaquaches (*Didelphis marsupialis* y *D. virginiana*), ardillas (*Sciurus* spp.), coyotes (*Canis latrans*), zorras (*U. cinereoargenteus*) y zorrillos (*Conepatus leuconotus*, *Mephitis macroura*, *Spilogale gracilis*). En el uso

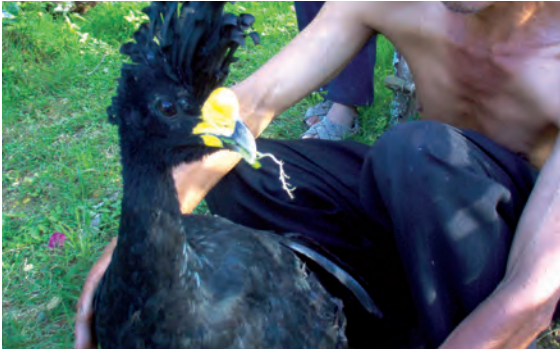


Figura 4. Un informante de origen náhuatl tiene abrazado a un macho de hocofaisán (*Craux rubra*) de aproximadamente dos años de edad, que es la mascota de la familia. Foto: Jorge Valencia Herverth.



Figura 5. Un Jabalí o pecarí de collar (*Dicotyles crassus*) que se encuentra como mascota en Ahuatitla, San Felipe Orizatlán. Foto: Raúl Valencia Herverth.

ceremonial se registraron cuatro mamíferos: coyote (*C. latrans*), armadillo (*D. novemcinctus*), viejo de monte (*E. barbara*) y zorra gris (*U. cinereoargenteus*). En cambio, algunas especies son consideradas plaga porque causan daño a los cultivos, entre los que destacan las tuzas (*Orthogeomys hispidus*), el tejón (*N. narica*), el jabalí o pecarí de collar (*D. crassus*), el mapache (*P. lotor*), los conejos (*Sylvilagus floridanus*) y las ardillas (*Sciurus* spp.). A su vez, otros mamíferos (*Bassariscus astutus*, *C. latrans*, *Desmodus rotundus*, *Didelphis virginiana*, *Mustela frenata*, *P. concolor* y *U. cinereoargenteus*) son considerados perjudiciales por alimentarse de manera fortuita de aves de corral, ganado ovino y bovino.

Anfibios y reptiles

Los anfibios y reptiles (en conjunto) presentaron 75 especies utilizadas con alguna finalidad antrópica. Dentro de los anfibios, 13 especies son comercializadas como ejemplares vivos o muertos, y 10 son comercializadas como mascotas (*Ambystoma velasci*, *Dryophytes eximius*, *D. plicatus*, *Rheohyla miotypanum*, *Lithobates berlandieri*, *L. catesbeianus*, *L. johni*, *L. montezumae*, *L. spectabilis* y *Sarcohyla robertsorum*). También se registran seis especies en la categoría de comestibles, como el ajolote (*A. velasci*) y varias especies de ranas del género *Lithobates* (Alonso 2011, Cruz 2013, Cruz-Elizalde *et al.* 2017).

Las especies documentadas como medicinales son el ajolote (*A. velasci*), ranas (*Smilisca baudinii*, *Trachycephalus typhonius*) y varios sapos de la familia Bufonidae (Aquino y Azuara 2010, Alonso 2011, Cruz-

Elizalde *et al.* 2017). Además, las especies de sapos nebuloso (*Incilius nebulifer*), de los pinos (*I. occidentalis*) y gigante (*Rhinella marina*) se han observado en venta como suvenires en los mercados (figura 9), aunque no es una práctica exclusiva del estado (Lazcano-Barrero *et al.* 1986). También se registran seis especies de salamandras (*Aquiloerycea cephalica*, *Bolitoglossa platyductyla*, *Chiropterotriton arboreus*, *C. chondrostega*, *Isthmura bellii* e *I. gigantea*) que son consideradas como dañinas por las personas de distintos lugares, debido a que se tiene la creencia de que poseen veneno. Aunque esta concepción es errónea (ya que ninguna de ellas presenta glándulas de veneno), la idea está muy arraigada en las comunidades de las zonas altas del Valle del Mezquital, la Sierra Alta y la Huasteca (Fernández-Badillo 2008, Gutiérrez-Santillán 2010, 2013, Cruz-Elizalde *et al.* 2017).

Los reptiles tienen distintos usos, principalmente la venta de animales vivos o partes de ellos para cuestiones medicinales (Gutiérrez-Santillán 2013, Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Cruz-Elizalde *et al.* 2017); asimismo, 13 especies son utilizadas de forma ornamental (apéndice 18; Gutiérrez-Santillán 2013, Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Cruz-Elizalde *et al.* 2017). Se pueden mencionar varios ejemplos como las conchas de tortugas (*Kinosternon* spp.), pieles de distintas serpientes usadas en la peletería (*Boa constrictor*, *Crotalus atrox* y *Pituophis deppei*) y ejemplares disecados o partes de serpientes como los cascabeles presentes en el género *Crotalus*, los cuales son utilizados como amuletos (Fernández-Badillo 2008, Ramírez-Bautista *et al.* 2014).



Figura 6. Piel de oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), conservada como pieza ornamental en San Felipe Orizatlán. Foto: Jorge Valencia Herverth.



Figura 7. Tigrillo (*Leopardus wiedii*) como mascota en la localidad de Tenexco 1, Atlapexco. Foto: Raúl Valencia Herverth.

Entre los reptiles comestibles destacan tortugas del género *Kinosternon*, iguanas (*Ctenosaura acanthura*) y algunas lagartijas del género *Sceloporus* (*S. mucronatus*, *S. spinosus*, *S. torquatus*). En el aspecto medicinal, se encuentran 17 especies (apéndice 18), aunque seguramente el resto de las especies del género *Crotalus* de Hidalgo (*C. intermedius*, *C. ravus*, no incluidas en el apéndice 18) son también utilizadas con fines medicinales, debido a la creencia de que su carne presenta propiedades para el tratamiento de enfermedades como el cáncer (Fernández-Badillo 2008, Fernández-Badillo *et al.* 2011, Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Cruz-Elizalde *et al.* 2017), lo cual se ha confirmado falso (Rubio 2003, Fitzgerald *et al.* 2004, Fernández-Badillo *et al.* 2011).

Las principales especies registradas como mascotas son tortugas, lagartijas y serpientes (apéndice 18). En el aspecto ceremonial se destaca el camaleón (*P. orbiculare*), que también fue documentado en la medicina tradicional (Gutiérrez-Santillán *et al.* 2010). En contraste, la percepción que se tiene hacia los escorpiones¹ es diferente, ya que estos reptiles son reconocidos como venenosos, y se les sacrifica por temor a su mordida (Fernández-Badillo y Goyenechea 2010, Pengully-Macias *et al.* 2010, Fernández-Badillo *et al.* 2016, Cruz-Elizalde *et al.* 2017), si

bien, pese a lo que se cree, son totalmente inofensivos para los humanos. Otras lagartijas consideradas erróneamente como venenosas por parte de los pobladores son los comúnmente llamados linces (*Plestiodon lynxe*), que poseen una coloración azul en la cola, y frecuentemente son sacrificados por la creencia de que son perjudiciales. Algunas serpientes también son cazadas para emplearse en aspectos ceremoniales: metlapil (*Agkistrodon taylori*), tepocho (*Metlapilcoatlus nummifer*), mahuaquite (*Bothrops asper*, figura 10) y cascabel (*Crotalus* spp.; Gutiérrez-Santillán 2013).

Conclusiones y recomendaciones

El uso de la fauna silvestre en Hidalgo está muy arraigado, lo que se refleja en el alto número de vertebrados usados por los grupos indígenas del Valle del Mezquital, la Sierra Alta y la Huasteca (Montoya 1968, Fernández-Badillo 2008, Gutiérrez-Santillán 2013). En la región del Valle del Mezquital hacen uso de estos recursos de manera oportunista, al utilizar algunos vertebrados e insectos (Pino-Moreno *et al.* 2017). Asimismo, se han adaptado actividades de consumo de vertebrados silvestres por grupos mestizos, como en el festival gastronómico

¹ Término común con el que la gente nombra normalmente a las lagartijas de la familia Anguillidae, representadas en Hidalgo por *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Gerrhonotus infernalis* y *G. ophiurus*. En algunas localidades, el término también se emplea para las especies de la familia Xenosauridae, representada en Hidalgo por *Xenosaurus mendozai*, *X. newmanorum* y *X. tzacualtipantecus*.



Figura 8. a) Coachacal o venado temazate (*Mazama temama*); b) venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), conservados como mascotas. Fotos: Raúl Valencia Herverth.



Figura 9. Algunas especies de sapos (*Bufonidae*) son utilizadas para su venta como souvenirs en el mercado de Huejutla. Foto: Tania V. Gutiérrez.



Figura 10. Mahuaquite o nauyaca (*Bothrops asper*) cazada por pobladores de la comunidad del Barco, Lolotla. Foto: Tania V. Gutiérrez.

de Santiago de Anaya, donde se pueden obtener una serie de platillos con distintos vertebrados como reptiles, aves y mamíferos (Bernard y Domínguez 2003), los cuales son obtenidos de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA). También se ha fomentado el consumo de carne de aves acuáticas y anfibios en los alrededores de la laguna de Tecocomulco (Alonso 2011), lo que incrementa las actividades económicas en esta zona.

Los animales usados para la medicina alternativa sufren una fuerte presión, principalmente por la idea de que curan diversas enfermedades; las serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.) y los zorrillos

son los vertebrados más utilizados de manera clandestina para estas actividades (Fernández-Badillo 2008, Vidal 2010, Ramírez-Bautista *et al.* 2014). La cacería de subsistencia y furtiva es una actividad constante en las distintas regiones del estado, donde se ha observado el uso de vertebrados para autoconsumo sin tener una medición cuantitativa de la extracción que se realiza, características que también se han documentado en grupos indígenas y mestizos de la Selva Lacandona en Chiapas (Naranjo-Piñera *et al.* 2004).

La información aquí presentada muestra la importancia cultural del uso de la fauna silvestre en las distintas comunidades indígenas y rurales que

habitan en Hidalgo (apéndice 19), lo cual, en muchos casos, es una herencia cultural que reúne saberes y conocimientos muy antiguos que son sin duda parte del patrimonio cultural de México. Lamentablemente en la mayoría de los casos, el uso de la fauna silvestre se lleva a cabo de forma ilegal y, al no estar regulado, no existe forma de analizar su impacto.

Aunque este no es un estudio exhaustivo, puede ser de utilidad para futuros trabajos en el ámbito etnobiológico, ecológico y ambiental. Por otro lado, el presente análisis puede servir de base para desarrollar estrategias que permitan el uso, manejo y aprovechamiento sustentable de la fauna silvestre, a través del establecimiento de UMA y predios o

instalaciones que manejan vida silvestre en forma confinada, fuera de su hábitat natural (PIMVS), que permitan solventar la demanda de organismos, partes y derivados de fauna silvestre, lo que puede ser una alternativa para disminuir el comercio ilegal y los impactos negativos para la biodiversidad en general.

Agradecimientos

A Tania Vianney Gutiérrez Santillán por su ayuda en las primeras versiones de este capítulo, proporcionar fotografías y bibliografía de difícil acceso. A Raúl Valencia Herverth por proporcionar diferentes fotografías para ilustrar este capítulo.

Referencias

- Almazán-Catalán, J.A., C. Sánchez-Hernández, F. Ruíz-Gutiérrez *et al.* 2013. Registros adicionales de felinos del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(1):347-359.
- Alonso, J.M. 2011. *Contribución al conocimiento etnozoológico de los vertebrados acuáticos de la laguna de Tecocomulco, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México
- Alves, R.R.N., L.E.T. Mendonça, M.V.A. Confessor *et al.* 2009. Hunting strategies used in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 5:12.
- Aquino, I. y H. Azuara. 2010. *Diversidad y medicina tradicional de los anuros en el municipio de Yahualica, Hidalgo, México*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Aranda, M. 1997. Comercio de pieles de mamíferos silvestre en Chiapas, México. En: *Uso y conservación de la vida silvestre neotropical*. J.G. Robinson y K.H. Redford (comps.). FCE, México, pp. 215-218.
- Argueta-Villamar, A., E. Corona-M., G. Alcántara-Salinas *et al.* 2012. Historia, situación actual y perspectivas de la etnozoológica en México. *Etnobiología* 10(1):18-40.
- Báez, L., G. Garret, D. Pérez *et al.* (coord.). 2012. *Los pueblos indígenas de Hidalgo: atlas etnográfico*. INAH/Gobierno del Estado de Hidalgo/CECULTAH, México.
- Bautista, C. 2003. *Aproximación al conocimiento etnoherpetológico de una comunidad nahua Los Parajes, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Bernard, A. y P. Domínguez. 2003. Tradiciones culinarias y progreso. Estudio de un caso: municipio de Santiago de Anaya, Estado de Hidalgo, México. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 24(1-2):61-64.
- Bernardino, H. 2008. *Etnozoología de tres grupos de vertebrados terrestres en comunidades nahuas del municipio de Yahualica, Hidalgo*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Castro, H.J. y P.J. Romo. 1998. *Los mamíferos de la porción norte de la Vega de Metztlán, Hidalgo. Usos y perspectivas*. Tesis de licenciatura en biología. ENEP Iztacala-UNAM, México.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora. 2015. *Apéndices I, II y III. Secretaría de la CITES*. En: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>>, última consulta: mayo de 2016.
- Cruz, V.M. 2013. *El ajolote (Ambystoma velasci) en el Ejido de San Miguel Allende, Tecocomulco, Hidalgo: etnozoológica y datos de la biología alimentaria*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, D.R. Aguillón-Gutiérrez *et al.* 2017. Principales amenazas para la biodiversidad y perspectivas para su manejo y conservación en el estado de Hidalgo: el caso de los anfibios y reptiles. En: *Biodiversidad de estado de Hidalgo*. Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 577-590.
- Dávila, J.P. 2012. *Aprovechamiento de las aves acuáticas silvestres por la comunidad de San Miguel Allende, municipio de Tepeapulco, Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Descola, P. y G. Pálsson. 2001. *Naturaleza y sociedad: perspectivas antropológicas*. Siglo XXI Editores, México.

- Fernández-Badillo, L. 2008. *Anfibios y reptiles del Alto Mezquital, Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. FES Iztacala-UNAM, México.
- Fernández-Badillo, L. e I. Goyenechea. 2010. Anfibios y reptiles del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3):705-712.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán e I. Goyenechea. 2011. *Serpientes venenosas del estado de Hidalgo*. CONACYT/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Fernández-Badillo, L., N.L. Manríquez-Morán, J.M. Castillo-Cerón e I. Goyenechea. 2016. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(1):156-170.
- Fitzgerald, L.E., C.W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. *Collection, trade and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert ecoregion*. TRAFFIC North America-World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- Franco, N. y R. Hernández. 2011. *Uso de los animales para el tratamiento de enfermedades culturales en el municipio de Jalzacán, Hidalgo*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Gómez, J. 2013. *Monitoreo de felinos silvestres en la Sierra de Huazalingo y Tlanchinol, Hidalgo, México*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- González, J.G. 2017. *Especies silvestres para autoconsumo y técnicas de caza y pesca en selvas tropicales de los municipios de Lolotla y Tlanchinol, Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- González, A. y E. Solís. 2011. *Taxonomía folk y remedios tradicionales de los ofidios en los municipios de Tlanchinol y Orizatlán, Hidalgo, México*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Guerra, R.M., S. Calmé, S. Gallina y E. Naranjo (coords.). 2010. *Uso y manejo de fauna silvestre en el norte de Mesoamérica*. ECOSUR/Secretaría de Educación de Veracruz/INECOL A.C., México.
- Guerrero, F. 2010. *Los felinos en la pintura mural de Teotihuacán, Estado de México, México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Gutiérrez-Santillán, T.V. 2010. *El "camaleón": estudio etnoherpetológico comparativo entre dos comunidades (náhuatl y otomí) en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura en biología. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEH, México.
- _____. 2013. *Diversidad biocultural y especies bioculturales clave: un estudio etnobiológico en dos comunidades nahuas en la Huasteca Hidalguense*. Tesis de maestría en biodiversidad y conservación. Centro de Investigaciones Biológicas-UAEH, México.
- _____. 2015. Los felinos entre los nahuas de la Huasteca Hidalguense, México. En: *Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Etnobiología*. Sociedad Colombiana de Etnobiología, Colombia.
- Gutiérrez-Santillán, T.V., A. Moreno-Fuentes e I. Goyenechea. 2010. *Cosmos, corpus y praxis: estudio comparativo entre Nahuas y Otomíes de estado de Hidalgo, México: el caso del "Camaleón"*. En: *Sistemas biocognitivos tradicionales, paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural*. A. Moreno-Fuentes, M.T. Pulido-Silva, R. Mariaca-Méndez et al. (eds.). AEM/Global Diversity Foundation/ECOSUR-UAEH/SOLAE, México, pp. 81-94.
- Gutiérrez-Santillán, T.V. y F. Ruiz-Gutiérrez. 2019. La connotación cultural sobre algunos carnívoros mexicanos. *Árido-Ciencia* 6(1):18-35.
- Gutiérrez-Santillán, T.V. y W. Sherbrooke. 2014. Visiting the mexican plateau horned lizard (*Phrynosoma orbiculare*) at el parque ecoturístico "El Camaleón", Hidalgo, México: with historical and ethnobiological commentary. *Phrynosomats* 19(1):4-9.
- Hernández, E. 1998. *La herpetofauna de Metztlán, Hidalgo, México: problemática e importancia*. Tesis de licenciatura en biología. ENEP Iztacala-UNAM, México.
- Hernández, E., R. Roldán, M. Romero et al. 2012. Cacería de mamíferos en ocho localidades del Estado de Hidalgo, México. En: *Memorias del XI Congreso Nacional de Mastozoología*. Universidad Veracruzana, Veracruz.
- Hernández, I. y B. Bautista. 2011. *Diccionario de nombres científicos, náhuatl, comunes en español y comunes en inglés de cinco grupos de vertebrados de la Huasteca Hidalguense*. Informe técnico de residencia. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Lazcano-Barrero, M.A., O.A. Flores-Villela, M. Benabib-Nisenbaum et al. 1986. *Estudio y conservación de los anfibios y reptiles de México: una propuesta*. Cuadernos de divulgación No. 25. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México.
- Maffi, L. 2005. Linguistic, cultural and biological diversity. *Annual Review of Anthropology* 34(1):599-617.
- Martín del Campo, R. 1936. Contribución al conocimiento de la fauna de Actopan, Hidalgo. IV. Vertebrados observados en la época de secas. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 7:271-286.
- Martínez, L.M. y F. Vega. 2009. *Etnomastofauna de la comunidad de Talol, Orizatlán, Hidalgo*. Memoria de residencia

- profesional. Licenciatura en biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Montoya, J.J. 1968. Magia y cacería entre los nahuas de la Sierra de Hidalgo. *Boletín INAH* 34:22-23.
- Naranjo-Piñera, E.J. 2013. Uso de la fauna silvestre. En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. CONABIO/Gobierno del Estado de Chiapas, México, pp. 271-280.
- Naranjo-Piñera, E.J., M.M. Guerra, R.E. Bodmer y J.E. Bolaños. 2004. Subsistence hunting by three ethnic groups of the Lacandon Forest, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 24(2):233-253.
- Penguilly-Macias, A., A. Moreno-Fuentes, I. Goyenechea y G. Espinosa-Pineda. 2010. Percepción acerca de las lagartijas consideradas nocivas por algunos otomíes, nahuas, tepehuas y mestizos en el estado de Hidalgo, México. En: *Sistemas biocognitivos tradicionales, paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural*. A. Moreno-Fuentes, M.T. Pulido-Silva, R. Mariaca-Méndez et al. (eds.). AEM/Global Diversity Foundation/ECOSUR/UAEH/SOLAE, México, pp. 245-252.
- Pérez, B.E. 1992. *Usos y tradiciones de plantas y animales en la ranchería del Guajolote del municipio de Epazoyucan, Hidalgo*. Instituto Hidalguense de la Cultura-Gobierno del Estado, México.
- Pino-Moreno, J.M., I. Guerrero-Mayorga, M.E. Flores-Ramírez y Y. Galán-Ángeles. 2017. Presencia de los insectos comestibles en la muestra gastronómica de Santiago de Anaya, Hidalgo, México. *Entomología Mexicana* 4:663-668.
- Posey, D.A. 1987. *El Hombre y el ambiente: el punto de vista indígena*. Editorial ABYA-YALA, Ecuador.
- Pretty, J., B. Adams, F. Berkes et al. 2009. The intersections of biological diversity and cultural diversity: towards integration. *Conservation and Society* 7(2):100-112.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde et al. 2014. *Los anfibios y los reptiles del estado de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca.
- Robinson, J.G. y K.H. Redford (comps.). 1997. *Uso y conservación de la vida silvestre neotropical*. FCE, México.
- Rojas-Martínez, A.E., M. Aguilar-López, J.M. Castillo et al. 2017. Los mamíferos del estado de Hidalgo. En: *Biodiversidad del estado de Hidalgo*, Tomo II. A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, pp. 559-576.
- Rubio, M. 2003. Cascabel: la serpiente divina. *¿Cómo ves?* 5:10-14.
- Santos-Fita, D., A. Argueta, M. Astorga-Domínguez y M. Quiñonez-Martínez. 2012. La etnozooloía en México: la producción bibliográfica del siglo XXI (2000-2011). *Etnobiología* 10(1):41-51.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Toledo, V.M. y E. Boege. 2009. La biodiversidad, las culturas y los pueblos indígenas. En: *La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural*. V.M. Toledo (coord.) FCE/CONACULTA, México, pp. 160-192.
- Vidal, K. 2010. *Usos del zorrillo (Conepatus leuconotus) en tres municipios de la Huasteca de Hidalgo, México*. Memoria de residencia profesional. Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico de Huejutla, México.
- Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth y F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 24(2):115-123.
- Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth, M.E. Mendiola-González et al. 2011. Registros nuevos y sobresalientes de aves para el estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 27(3):843-861.



Verdes matas que van de los valles de Apan a los Estados Unidos

Karina Pizarro Hernández y Tonatiuh Herrera Pizarro

Introducción

La historia del maguey se ha narrado, sobre todo, relacionada con la explotación y el consumo del pulque. En este capítulo se aborda la importancia que tiene la penca del maguey como ingrediente primordial en la elaboración de platillos regionales y como elemento de cohesión identitaria en un escenario binacional, que vincula culturalmente a Hidalgo con la localidad Cicero, cerca de la ciudad de Chicago, en el estado de Illinois, Estados Unidos.

El maguey pulquero (*Agave salmiana*)

Maguey es el nombre común para designar a un grupo de plantas originarias de América, que tiene aproximadamente diez millones de años de existencia (Good-Avila *et al.* 2006, Gross *et al.* 2013). Crecen principalmente en lugares semiáridos y ambientes hostiles con poca lluvia y altas temperaturas, soportando climas con cambios extremos entre el día y la noche. Pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats y altitudes, desde Canadá hasta el Caribe, pasando por Estados Unidos, México, Centroamérica y norte de Sudamérica (Vargas 2009). Todas las especies de maguey pertenecen al género *Agave* y en México existen más de 200 especies. Sobresalen por su uso comercial el pulquero (*A. salmiana*), azul (*A. tequilana*) y mezcalero (*A. angustifolia*); cada uno posee características específicas en su tipo de

hoja, tamaño, forma y color (García *et al.* 2010, Pérez-Ramos *et al.* 2017).

A. salmiana (figura 1) es una especie endémica del Altiplano Mexicano, que comprende los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. Tiene gran importancia económica, sociocultural y agroecológica en Hidalgo, donde se cultiva en las zonas centro y sur (García-Mendoza 1998, Vargas 2009, Narváez *et al.* 2016). Es una planta adaptada a ambientes secos (xerófito), de tamaño mediano a grande; robusta, llega a medir 3 m de alto y 10 de circunferencia. Su tallo es una piña interior de la que salen gruesas y carnosas pencas (hojas) proyectadas en espiral a modo de roseta, mismas que presentan espinas en forma de gancho en los bordes y rectas en las puntas. Alcanza su madurez entre los ocho y diez años en promedio (Vargas 2009). Ecológicamente, contribuye a la formación, retención y conservación de suelo (Flores *et al.* 2008), y entre sus propiedades alimentarias se encuentra la provisión de minerales, aminoácidos, proteínas, enzimas, vitamina C y complejo B (Romero-López *et al.* 2015, Flores *et al.* 2008).

El maguey es una planta 100% aprovechable: sirve como cerca viva, las pencas se utilizan en la construcción (paredes y techos) y en la indumentaria (con las fibras se elaboran ayates, bolsas, rebosos y vestidos); mientras que en la medicina se aprovecha para la obtención de mieles que se agregan a los jarabes y esteroides. Mención aparte merece su uso en la gastronomía: sus jugos se emplean en

Pizarro, K. y T. Herrera-Pizarro. 2021. Verdes matas que van de los valles de Apan a los Estados Unidos. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 365-370.



Figura 1. Ejemplar de maguey pulquero (*A. salmiana*). Foto: Abisai García Mendoza/Banco de imágenes CONABIO.

bebidas (agua miel, pulque, curados y licores); con las pencas se prepara la barbacoa¹ y el ximbó,² que le da un sabor y aroma característico al consomé y a los diferentes tipos de carne; la cutícula sirve para envolver el mixiote³ y como condimento de guisos, también se preparan mermeladas y dulces; las flores se guisan y preparan en sopas, al igual que el quiote, que es la estructura tipo tallo en el que se desarrolla la inflorescencia de la planta. En la industria se llegó a producir papel, cuerdas de ixtle y gomas para pegar; ha servido como vasija para beber, forraje para el ganado y hasta como tendedero. Además, la diversidad de insectos y larvas (gusano blanco y rojo) que crecen a su alrededor son comestibles.

Aún después de la conquista, el maguey “siguió siendo techo, vestido, ayate, comida, vino, medicina y defensa de los mexicanos”; con justicia habría que llamarle “reverencialmente el Señor Maguey” (Benítez 2000:12). Paralelamente, ha sido pretexto

artístico en la literatura, pintura, escultura y el cine, a lo largo de la historia de México y de Hidalgo; como ejemplo, los cuadros de José María Velasco, representando los paisajes rurales con sus haciendas pulqueras del siglo XIX.

Particularmente las poblaciones de *A. salmiana* podrían verse amenazadas por la sobre explotación, la baja productividad y el deterioro genético (Lara-Ávila y Alpuche-Solís 2016, Pérez-Ramos *et al.* 2017); de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la especie se encuentra en peligro de extinción (Pérez-Ramos *et al.* 2017).

Antecedentes socio-históricos del maguey

A. salmiana ha sido cultivado y aprovechado desde las sociedades mesoamericanas con connotaciones simbólicas importantes. Para la cosmovisión

1 Guisado de carnero horneado en hoyo de tierra, se cubre con pencas de maguey.

2 Guisado de carne (pollo, pescado, o cerdo) envuelto en penca de maguey, relleno de nopales, jitomate, cebolla, cueritos de cerdo y especias, cocinado en horno de hoyo.

3 Carne adobada (generalmente de carnero) que se envuelve con la cutícula de la penca del maguey y se cocina al vapor.

nahua, su origen mitológico se remite a la diosa Mayáhuel, relacionada con la tierra, la fecundidad y la alimentación. Durante esta época, el cultivo del maguey era un producto sagrado exclusivo de la clase sacerdotal (López-Austin 1999).

Si bien con la llegada de los españoles continuó la prohibición “para evitar la embriaguez y los vicios carnales y nefandos” (Guerrero 1980:107), la Hacienda de la Corona y los terratenientes españoles se dieron cuenta de que el cultivo del maguey para extraer el pulque prometía grandes dividendos. Surgió entonces la llamada aristocracia pulquera, que logró su esplendor durante los siglos XVIII al XIX, en los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. La extensa red ferroviaria del Porfiriato permitió que se consolidara la industria magueyera, particularmente en los Llanos de Apan, al sur del territorio hidalguense. Esta región, cubierta de hileras de magueyes, abastecía diariamente las pulquerías de la capital del país “mientras el estado de Hidalgo se volvía el más rico de la república” (Aviña 2018:1).

Tres factores hicieron que la producción pulquera entrara en picada en los albores del siglo XX: la inestabilidad del campo debido a las constantes revueltas de la Revolución mexicana; la apertura del mercado nacional a la cerveza como bebida alcohólica, que se posicionó como predilecta entre los mexicanos; y la correlativa estrategia desleal de las empresas productoras de cebada que desprestigiaron con gran efectividad al “agua de las verdes matas”. Actualmente, el cultivo del maguey enfrenta varios problemas: desde la falta de nutrientes de la tierra, la poca rentabilidad económica, los cambios de cultivos y la disminución en el consumo del pulque, hasta la depredación para el uso gastronómico. Hoy se estima que hay una planta por cada 10 de las existentes en 1986 (Senado de la República 2018). Tan grave es la crisis que, a finales de 2011, se publicó la Ley para el Manejo Sustentable del Maguey del Estado de Hidalgo (Congreso del Estado 2011), con la misión de preservar la planta y reactivar su producción, de fomentar la investigación sobre sus propiedades, así como de reivindicarla social y culturalmente.

Diversas universidades, centros de investigación, asociaciones, agricultores e instituciones de gobierno en sus tres niveles, están interesados en atender de manera interdisciplinaria e interinstitucional las

diferentes problemáticas científicas, tecnológicas y sociales asociadas al maguey. Se han creado foros de discusión como el Congreso Nacional del Maguey y el Pulque; además, se han desarrollado esfuerzos conjuntos que se reflejan, por ejemplo, en la conformación de la Red de Maguey-Nopal (Red-MagNop, que ha organizado varios simposios del maguey y sus derivados), y la Organización Amigos del Museo del Maguey en Tepeapulco, entre otras muchas organizaciones.

Exportación de pencas de maguey a Estados Unidos

Entre los diversos fenómenos socioculturales que involucran el aprovechamiento del maguey se encuentra su uso gastronómico, el cual ha impactado en los últimos años a nivel internacional. A través del fenómeno de la emigración, muchos hidalguenses han encontrado en la elaboración de sus platillos regionales un elemento para reforzar su identidad y cohesión social ante la diversidad cultural que enfrentan en Estados Unidos. Las ciudades de Los Ángeles, Nueva York, Dallas, Miami y Houston se encuentran entre las que albergan mayor número de coterráneos; la Secretaría de Desarrollo Social de Hidalgo registra 368 454 hidalguenses que residen en Estados Unidos (Criterio 2019). En la ciudad de Chicago y en el condado Cicero (Illinois) se encuentran 11 048 hidalguenses, y con ello se generan espacios urbanos donde se sazona la comida tradicional de Hidalgo, por lo que es posible encontrar cada fin de semana, en eventos conmemorativos y hasta en Navidad, el consumo de barbacoa preparada con penca de maguey, como un platillo que evoca la identidad del estado.

Juan José Monroy y Jorge Luna Benítez son primos, amigos y socios originarios de Hidalgo, cada uno tiene un restaurante en las afueras de la ciudad de Chicago (figura 2), El Borrego de Oro y de Ay! Caramba, respectivamente; ambos ofrecen como platillos principales la barbacoa de borrego en horno de hoyo, chinicuiles o gusano rojo de maguey (*Comadia redtenbacheri*) y escamoles o larvas de hormiga güijera (*Liometopum apiculatum*). Tanto chinicuiles como escamoles han sido apreciados desde tiempos prehispánicos y hoy se consideran platillos *delicatessen*.



Figura 2. Anuncio de barbacoa estilo hidalguense con penca de maguey, en el restaurante *El Borrego de Oro*, en Cicero, Illinois. Foto: K. Pizarro.

La barbacoa de borrego estilo hidalguense destaca entre los platillos predilectos. Se prepara con la mayor fidelidad posible al método original, en un horno de hoyo cavado en la tierra, el cual es cubierto por las pencas que envuelven la carne y dejan caer sus jugos en el guisado, convirtiéndolo en un manjar. En el traspatio de los restaurantes se ha construido lo necesario para “prepararla como se debe, ya que la penca de maguey es clave en la actividad restaurantera, y así poder mantener vivo al negocio de la barbacoa” (Monroy 2018). La penca viene del Estado de México y se consigue en la *market*, un pequeño centro de abastos en el que hay muchos productos para preparar comida mexicana. “Esa es la gran ventaja de vivir en Chicago, uno encuentra de todo; pocas ciudades de Estados Unidos tienen esa ventaja” (Luna 2008).

En México, la exportación de la penca de maguey (y otros productos como nopal, tuna y xoconostle) a los Estados Unidos inició hace aproximadamente 15 años, y ha llegado a ciudades como Los Ángeles, Maryland, Atlanta, Chicago, Dallas y McAllen; apenas hace 5 años se exportaban 300 hojas de maguey a nivel nacional (SAGARPA 2015). En 2017, Hidalgo inicia sus envíos a Texas y Nueva York, a través de la em-

presa Productores de Miel de Aguamiel de Zempoala, siendo su principal comprador el sector barbacoeyero (Criterio 2017). Cabe señalar que el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP 2018) reportó que para 2017, la producción de *A. salmiana* en Hidalgo significó 69.6% de la producción nacional.

Conclusiones

El maguey, después de ser una planta sagrada y considerarse oro verde en el México prehispánico y colonial, pasa en el siglo xx por una etapa de abandono y desprestigio, para nuevamente resurgir a nivel nacional e internacional como un recurso biológico de suma importancia. Con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (SHCP 2019) y el Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016-2022 (Congreso del Estado 2011), la sustentabilidad de los recursos naturales se ha convertido en una política transversal prioritaria, que debe dar cobijo al maguey pulquero, no solo como un producto agroalimentario, sino también por su gran valor cultural, que da cohesión a la población hidalguense tanto en territorio nacional como en el extranjero, a través de evocar la comida tradicional.

Al respecto, Hidalgo cuenta con la Ley para el Manejo Sustentable del Maguey del Estado de Hidalgo, y en ella se señala la importancia de fortalecer la regulación de políticas de producción, conservación, explotación y protección del maguey, para favorecer el aprovechamiento sustentable y con ello la generación de empleos directos e indirectos que impactarían en la economía familiar y mejorarían sus expectativas de desarrollo (Congreso del Estado 2011). Por su parte, la Comisión de Agricultura y Ganadería de la LXIII Legislatura del Honorable Congreso de la Unión, con base en la importancia de la conservación de *A. salmiana* y de los magueyes en general, exhortó en febrero de 2018 a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y a la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para que “en el ámbito de sus atribuciones, fortalezcan las estrategias y acciones, con el objeto de proteger y preservar el maguey en todo el territorio nacional, a fin de evitar un daño irreversible a esta especie endémica de América” (Senado de la República 2018:1).

Si bien se han desarrollado instrumentos enfocados en la conservación y aprovechamiento sustentable de este recurso, el aprovechamiento de *A. salmiana* fuera de México requiere una mayor coordinación entre instituciones gubernamentales, productores y compradores internacionales, para consolidar un mercado con gran potencial que beneficiaría tanto a las regiones productoras de *A. salmiana* en Hidalgo, como a la población mexicana en los Estados Unidos, además de mantener diná-

micas de cohesión social a través de la gastronomía. El mercado de comida mexicana y sus especialidades regionales se han extendido poco a poco por toda la unión americana, generando una plataforma para el intercambio cultural entre diversos grupos étnicos. La clientela es de lo más diversa: desde hidalgenses y paisanos de otros estados, hasta chinos y norteamericanos. ¡Todos quieren un buen taco de barbacoa con su salsa de chinicuil y xocostles!

Referencias

- Aviña, J.C. 2018. Los pulques de Apan. Tradiciones que se esconden entre restos de haciendas. *Revista Buen Viaje* 14:2-6.
- Benitez, F. 2000. El Señor Maguey. *Artes de México y del mundo* 51:8-17.
- Congreso del Estado. 2011. *Ley para el Manejo Sustentable del Maguey del Estado de Hidalgo*. Publicada el 31 de diciembre de 2011 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2016.
- Criterio. 2017. *Exportarán pencas de maguey hacia EU*. En: <<https://www.criteriohidalgo.com/noticias/hidalgo-ujul/exportaran-pencas-de-maguey-hacia-eu>>, última consulta: noviembre de 2019.
- Criterio. 2019. *Más de 368 mil hidalgenses viven en Estados Unidos*. En: <<https://criteriohidalgo.com/noticias/hidalgo/mas-de-368-mil-hidalgenses-viven-en-estados-unidos>>, última consulta: enero de 2020.
- Flores, A., E. Castañeda-Hidalgo, F. Sánchez-Pérez et al. 2008. *Mecanismos de conservación y usos del maguey pulquero Agave salmiana en el altiplano mexicano*. Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, México.
- García, J., J. Méndez-Gallegos y D. Talavera-Magaña, D. 2010. El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición* 5:109-129.
- García-Mendoza, A. 1998. Con sabor a maguey. *Guía de la colección nacional de agaváceas y nolináceas del jardín botánico, Instituto de Biología-UNAM*. UNAM, México.
- Good-Avila, S.V., V. Souza, B.S. Gaut y L.E. Eguiarte. 2006. Timing and rate of speciation in *Agave* (Agavaceae). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(24):9124-9129.
- Gross, S.M., J.A. Martin, J. Simpson et al. 2013. De novo transcriptome assembly of drought tolerant CAM plants, *Agave deserti* and *Agave tequilana*. *BMC Genomics* 14:563.
- Guerrero, R. 1980. *El pulque. Religión, cultura, folklore*. SEP/INAH, México.
- Lara-Ávila, J.P. y A.G. Alpuche-Solís. 2016. Analysis of genetic diversity of mezcalero agaves from Central México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 39(3):323-330.
- López-Austin, A. 1999. *Breve historia de la tradición religiosa mesoamericana*. UNAM, México.
- Luna, J. 2008. Dueño del restaurante Ay! Caramba. Comunicación personal, junio.
- Monroy, J. 2008. Dueño del restaurante El Borrego de Oro. Comunicación personal, junio.
- Narváez, A.U., T. Martínez Saldaña y M. Jiménez Velázquez. 2016. El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola* 56:33-44.
- Pérez-Ramos, A., A. Rodríguez-Ortega, J. Nieto-Aquino et al. 2017. *Comparación de dos sistemas de siembra de maguey (Agave salmiana)*. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, México.
- Romero-López, M.R., P. Sorio-Díaz, A. Flores-Morales et al. 2015. Composición química, capacidad antioxidante y el efecto prebiótico del aguamiel (*Agave atrovirens*) durante su fermentación in vitro. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 14(2):281-292.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2015. *Inicia exportación de nopal, tuna xoconostle y penca de maguey del Estado de México a Estados Unidos*. En: <<https://www.gob.mx/senasica/prensa/inicia-exportacion-de-nopal-tuna-xoconostle-y-penca-de-maguey-del-estado-de-mexico-a-estados-unidos-20571>>, última consulta: noviembre de 2019.
- SHCP. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. 2019. *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Publicado el 12 de julio de 2019 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Senado de la República. 2018. *Gaceta del Senado LXIII/35-PO-77/78751*. En: <http://www.senado.gob.mx/64/gaceta_deL_senado/documento/78751>, última consulta: noviembre de 2019.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. *Maguey pulquero: el estado de Hidalgo destacó en 2017 con 69.6% de la producción nacional*. En: <<https://www.gob.mx/>

[siap/articulos/maguey-pulquero?idiom=es](https://www.gob.mx/siap/articulos/maguey-pulquero?idiom=es)>, última consulta: enero de 2020.

Vargas, C. 2009. *Obtención de insumos de interés comercial a partir de las fructanas del agave mezcalero potosino (Agave salmiana)*. Tesis de maestría en ciencias. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán-IPN, México.



Estrategias de conservación y uso del patrimonio natural: el caso de Mineral del Chico

Jesús Enciso González

Introducción

El presente texto analiza, bajo un enfoque de conservación y protección del patrimonio natural, la dinámica que han seguido los pueblos mágicos en Hidalgo, en particular Mineral del Chico. Se retoman algunas estrategias de conservación (áreas naturales protegidas), el esquema de pago por servicios ambientales y la reciente creación de un geoparque en la región de la Comarca Minera.¹ Las conclusiones subrayan que la efectividad de acciones públicas –como el nombramiento de pueblo mágico, además del establecimiento de áreas protegidas y geoparques– requiere mayor cohesión, a fin de que los lineamientos entre diferentes esquemas no se contrapongan y aporten a la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad.

Pueblos mágicos y turismo sustentable: reflexiones urgentes

A inicios del siglo XXI comenzó una cruzada por insertar a México con mayor protagonismo en el concierto mundial, especialmente en materia turística. En 2001 nace el Programa Pueblos Mágicos (PPM), cuya intención es convertir a determinados poblados rurales, sin fuerte infraestructura turística, pero con importantes atracciones culturales y naturales, en enclaves del turismo nacional e internacional (Val-

verde y Enciso 2014), y como alternativa al turismo de sol y playa, de ciudades coloniales y zonas arqueológicas. Se trataba de poner en valor el patrimonio material e inmaterial de pequeños asentamientos rurales en los que hasta ese momento nadie se había fijado. El gobierno federal puso los ojos en la Comarca Minera de Hidalgo, y en algunos pueblos del centro-norte del país, para echar a andar el programa. Huasca de Ocampo (nombrado en 2001), Mineral del Monte (nombrado en 2004) y Mineral del Chico (nombrado en 2011) fueron favorecidos en los primeros 11 años de existencia del programa nacional (Valverde 2015, Valverde *et al.* 2015).

El PPM tiene ya 19 años de existencia; para 2019 contaba incluía 121 poblados, y al cabo de este tiempo ha tenido ventajas económicas. Sin embargo, también ha ocasionado afectaciones negativas tanto al patrimonio tangible como al intangible. La crítica general es que el programa no respeta los criterios de turismo sustentable a nivel internacional, a fin de evitar que la acción turística altere o impacte negativamente los recursos naturales y la cultura del asentamiento o región donde llega el turismo.

Afectaciones del PPM a los poblados

Poner en valor el patrimonio significa, entre otras cosas, abrir la posibilidad a que los factores antrópicos puedan dañar el patrimonio cultural o natural

¹ Se denomina Comarca Minera a una región geocultural ubicada al centro-sur del estado. Abarca, entre otros, a los municipios Huasca de Ocampo, Pachuca de Soto, Mineral del Monte y Mineral del Chico.

Enciso, J. 2021. Estrategias de conservación y uso del patrimonio natural: el caso de Mineral del Chico. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 371-381.

Cuadro 1. Grupos de suelos en el Parque Nacional El Chico y algunas características asociadas.

Tipo de suelo	Superficie ¹	Área donde se concentra	Criterio de asociación	Vocación
Andosol húmico - Cambisol húmico	1 713.33 (62.6)	Norte y este	Bosques de <i>Abies</i> spp., <i>Pinus</i> spp. y <i>Quercus</i> spp.- <i>Pinus</i> spp.	Vida silvestre y explotación forestal
Cambisol húmico, Andosol ócrico, Litosol	536.42 (19.6)	Porción central del parque, de extremo este a oeste	Vegetación forestal de coníferas (bosques de <i>Abies</i> spp. y <i>Abies</i> spp.- <i>Quercus</i> spp.) y bosque de <i>Quercus</i> spp.	Vida silvestre, montañismo o excursionismo
Feozem háplico, Cambisol húmico	209.07 (7.6)	Extremo sur-suroeste	Bosques de <i>Abies</i> spp., <i>Pinus</i> spp.- <i>Quercus</i> spp. y <i>Cupressus</i> spp.	Vida silvestre y protección de recursos hídricos
Cambisol húmico, Regosol eútrico	104.27 (3.8)	Laderas expuestas hacia el poblado	Bosques de <i>Quercus</i> spp.- <i>Abies</i> spp. con áreas deforestadas y con vegetación introducida (árboles frutales)	Bosques, propicio para actividades agrícolas
Andosol vítrico, Cambisol húmico	36.0 (1.3)	No especificada	Bosque de <i>Abies</i> spp. que en su mayoría se encuentran deforestados y con vegetación introducida	Forestal, aunque se han usado para varios fines (presentan deterioro)
Feozem háplico	38.76 (1.4)	No especificada	Pastizal inducido y en mayor proporción con matorrales escasos (<i>Juniperus</i> spp.)	Actividades recreativas y extensivas
Misceláneos rocosos	101.07 (3.7)	No especificada	Áreas con afloramientos rocosos sin suelo	-

¹ La extensión se muestra en hectáreas y su porcentaje relativo se indica entre paréntesis. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2005.

de los poblados. En el caso de los pueblos mágicos que se encuentran en la Comarca Minera, las afectaciones más visibles son la disminución de la calidad de vida de los habitantes de los centros históricos, la gentrificación y, en el caso particular de Mineral del Chico, el deterioro de sus áreas naturales (Valverde 2015).

El declive de la calidad de vida en poblados como Huasca o Mineral del Monte es notorio, sobre todo en los cascos históricos del asentamiento. Esto se debe a que las acciones públicas del PPM impactan particularmente la arquitectura e imagen urbana del centro, a fin de construir los escenarios idóneos para atraer al turista. Cuando es exitosa la mejora de la imagen urbana del centro del asentamiento, el poblado se ve inundado de turistas que, además de derrama económica, pueden dejar altas cantidades de basura y un ambiente poco propicio para

que el residente disfrute de su pueblo. Asimismo, que el centro sea un espacio de fuertes flujos de turistas genera que las rentas del suelo se eleven y que el mercado inmobiliario actúe para que se queden en los espacios centrales únicamente quienes tienen posibilidades de pagarlo o de hacerlo rentable. A este proceso se le denomina gentrificación.

Finalmente, uno de los atractivos de los pueblos de la Comarca Minera es el área natural protegida Parque Nacional El Chico, que atrae particularmente a los practicantes de los deportes de montaña. Mineral del Chico, que alberga dicho parque nacional, posiblemente ha sido la localidad que más ha sentido el impacto de la designación como pueblo mágico, pues su centro como tal es muy pequeño, pero son amplias las reservas naturales visitadas por turistas. Probablemente por esas razones, y previendo su eventual nombramiento, a finales de 2006 se

Cuadro 2. Especies en alguna categoría de riesgo dentro del Parque Nacional El Chico.

Especie	Nombre común	Categoría de riesgo
Plantas		
<i>Comarostaphylis discolor</i>	-	Pr
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	-	A
<i>Furcraea bedinghausii</i>	-	A
<i>Gentiana spathacea</i>	-	Pr
<i>Juniperus sabinoides monticola</i>	Enebro azul	Pr
<i>Litsea glaucescens</i>	-	P
<i>Pseudotsuga menziesii glauca</i>	Cahuite	Pr
<i>Taxus globosa</i>	Tejo mexicano	Pr
Anfibios		
<i>Ambystoma velasci</i>	Salamandra	Pr
<i>Chiropterotriton dimidiatus</i>	Salamandra pie plano enana	Pr
<i>C. multidentatus</i>	Salamandra pie plano enana multidentada	Pr
<i>Hyla plicata</i>	Rana de árbol plegada o surcada	A
<i>Plectrohyla robertsorum</i>	Rana de árbol de Robert	A
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	Tlaconete pinto	A
<i>P. cephalica</i>	Tlaconete regordete	A
Reptiles		
<i>Abronia taeniata</i>	Lagarto alicante de bromelia	Pr
<i>Barisia imbricada</i>	Lagarto alicante del Popocatépetl	Pr
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Lagartija cornuda de montaña	A
<i>Plestiodon lynxe</i>	Eslizón encinero	Pr
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija escamosa de mezquite	Pr
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Culebra listonada cuello negro	A
<i>T. scalaris</i>	Culebra listonada de montaña cola larga	A
<i>T. scaliger</i>	Culebra listonada de montaña cola corta	A
Aves		
<i>Buteo swainsoni</i>	Aguililla de Swainson	Pr
<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín unicolor	A
Mamíferos		
<i>Glaucomyz volans</i>	Ardilla voladora del sur	A
<i>Sciurus oculatus</i>	Ardilla de Peter	Pr

P: En peligro de extinción; A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial. Fuente: CONANP 2011.

Cuadro 3. Subprogramas del Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional El Chico.

Subprograma	Componentes
Protección	Inspección y vigilancia
	Preservación de áreas frágiles y sensibles
	Protección contra especies invasoras y control de especies nocivas
	Prevención y control de incendios y contingencias ambientales
Manejo	Actividades productivas alternativas y tradicionales
	Desarrollo comunitario y asentamientos humanos
	Manejo y uso sustentable de ecosistemas terrestres y recursos forestales
	Conservación de agua y suelos
	Mantenimiento de servicios ambientales
	Patrimonio histórico y cultural
	Turismo, uso público y recreación al aire libre
Restauración	Recuperación de especies prioritarias
	Reforestación y restauración de ecosistemas
Conocimiento	Fomento a la investigación y generación de conocimiento
	Inventarios, líneas de base y monitoreo ambiental y socioeconómico
	Rescate y sistematización de información y conocimientos
	Sistemas de información
Cultura	Educación, capacitación y formación para comunidades y usuarios
	Difusión, identidad y divulgación
	Interpretación y convivencia
	Participación
	Sensibilización, conciencia ciudadana y educación ambiental
Gestión	Administración y operación
	Coadministración, concurrencia y vinculación local y regional
	Cooperación internacional
	Infraestructura, señalización y obra pública
	Aspecto jurídico
	Mecanismos de participación y gobernanza
	Procuración de recursos e incentivos
	Recursos humanos y profesionalización
	Regulación, permisos, concesiones y autorizaciones

Fuente: elaboración propia con información de CONANP 2005.

estableció el Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional El Chico, a fin de integrar este espacio a las áreas salvaguardadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Esquemas como este (establecimiento de áreas naturales protegidas) están entre las iniciativas gubernamentales más importantes de conservación biológica del país, para evitar que las actividades económicas y el desarrollo urbano dañen el patrimonio natural (Durán y Ramos 2010). Su finalidad es la protección de flora y fauna, muchas de ellas especies endémicas o catalogadas sin mecanismos de protección (SEMARNAT y CONANP 2016).

Parque Nacional El Chico

Este parque se ubica dentro del municipio Mineral del Chico y destaca por su belleza natural: afloramientos rocosos relictos con erosión diferencial e intemperismo, grandes elevaciones que fluctúan entre 2 500 y 3 090 msnm (CONANP 2005) y una red hidrológica propia de los macizos montañosos, donde se separan las cuencas del río Pánuco y del Valle de México (Melo y López 1993). La edafología del área se conforma por seis tipos de suelo; gran parte del parque (62%) cuenta con un suelo tipo Andosol húmico y Cambisol húmico, con vocación para el aprovechamiento forestal y mantenimiento de la vida silvestre (cuadro 1).

Para 2005 se diseñó el Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional El Chico con el propósito de “conservar el patrimonio natural de México a través de las Áreas Naturales Protegidas y de los Programas de Desarrollo Regional en Regiones Prioritarias para la Conservación” (CONANP 2005:17). Para llevar a cabo tales cometidos, se contemplaron acciones directas e indirectas. Las acciones indirectas incluyeron educación ambiental, investigación científica y talleres de formación de conciencia ecológica para habitantes y turistas; mientras que las directas se encaminaron a proteger, preservar e incrementar la diversidad biológica con el fin de estimular los procesos evolutivos de los ecosistemas (CONANP 2005).

Es importante subrayar la categoría de El Chico como área natural protegida y, por tanto, la necesidad de atender de manera prioritaria su riqueza biológica, debido a que algunas especies que alberga

se encuentran bajo seguimiento y protección de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (cuadro 2; SEMARNAT 2010). Conforme a estos registros, es posible reconocer que al menos 27 diferentes especies de plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos están sujetas a alguna categoría de protección y su subsistencia dependerá en buena medida del balance ecológico de los bosques que albergan los macizos montañosos.

Una de las razones más importantes para realizar las labores de protección y conservación es de tipo económico. En este sentido, determinar un valor para el patrimonio natural ha sido uno de los móviles más importantes para echar a andar actividades de cuidado a la naturaleza. Estas medidas de corto plazo se ven obstaculizadas por el tipo de turismo no sustentable (es decir, de fuerte impacto sobre la naturaleza) que se ha desarrollado en el Parque Nacional El Chico. A fin de llevar a cabo adecuadamente las labores de gestión del parque, la CONANP estableció la ejecución de seis subprogramas (protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión) con diversos rubros de acción (cuadro 3).

Para dar eficiencia a las actividades de protección, se planteó una zonificación según diversos criterios: el grado de conservación, la presencia de recursos naturales, y la distribución de especies en riesgo. Esta zonificación tiene entre sus estrategias básicas la identificación y normatividad de actividades permitidas, no permitidas e incompatibles con las metas de conservación (CONANP 2005:146-147). A partir de ello, se definieron seis áreas según el tipo de manejo: preservación, uso tradicional, uso público, asentamientos humanos, recuperación e influencia (figura 1). Estas son áreas que, si bien priorizan la protección y conservación de la biodiversidad, también permiten que el espacio se utilice para efectos productivos, turísticos o de habitación.

Otras estrategias de conservación y aprovechamiento

Se han puesto en marcha otros esquemas de protección para la región de la Comarca Minera, entre los que destacan el de pago por servicios ambientales y el establecimiento de geoparques. Ambos implican acciones que pretenden un mayor y mejor

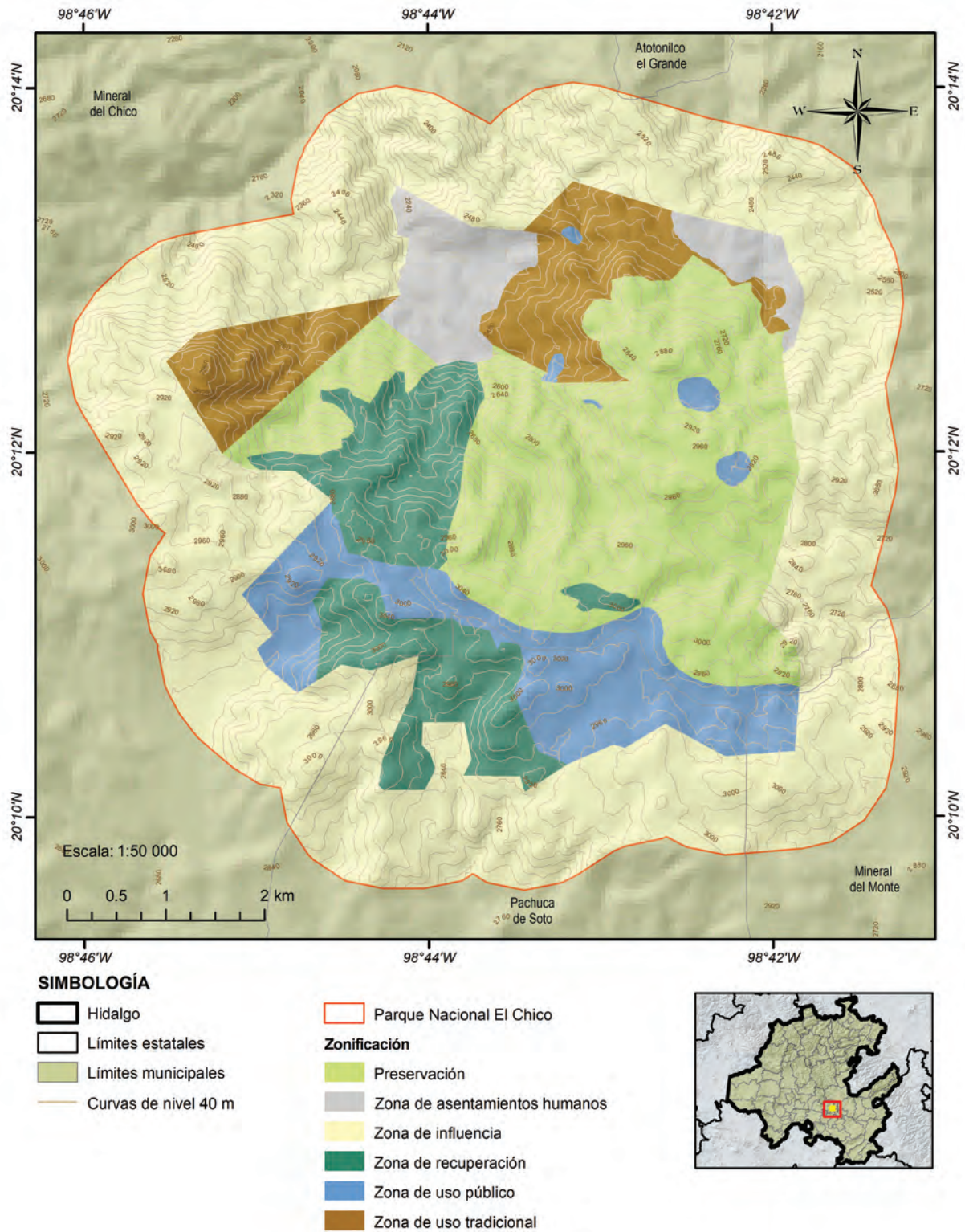


Figura 1. Zonificación dentro del Parque Nacional El Chico. Fuente: CONANP 2005.

Cuadro 4. Bienes y servicios ambientales identificados para el Parque Nacional El Chico.

Bienes ambientales	Servicios ambientales
Plantas medicinales	Regulación del clima (sierra de Pachuca y valle de México)
Madera	Conservación de la biodiversidad (especies endémicas o en alguna categoría de riesgo)
Leña	Captura de carbono (bosques de oyamel)
Agua	Regulación del ciclo hidrológico (cuencas)
Hongos	Polinización (aves)
Laurel	Dispersión de semillas (aves)
Semillas forestales	Hábitat de especies de vida silvestre (biodiversidad)
Carbón	Recreación
Frutos comestibles	Turismo (visitantes al área)
Tierra de monte	Preservación de valores culturales
Minerales	Conservación de valores escénicos (peñas del parque)
Plantas comestibles	Protección del suelo
Fauna	Protección de cuencas
	Fijación de nutrientes
	Preservación de sitios históricos
	Espacios para la educación ambiental (comunidades)
	Campo para la investigación (instituciones académicas)
	Prevención contra la erosión (cobertura forestal)
	Producción de oxígeno
	Bioprospección

Fuente: Rendón 2008.

control de las áreas ecológicas en el largo plazo, ya que el pago por servicios ambientales permite a las comunidades responsabilizarse operativa y legalmente de los espacios que les son encomendados, mientras que los geoparques conllevan el respaldo institucional y el seguimiento técnico científico en las regiones bajo su incumbencia.

Pago por servicios ambientales

Los esquemas de pago por servicios ambientales “rescatan la idea de que los procesos y las funciones de los ecosistemas, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades” (Rendón 2008:10). El pago implica la retribución directa (por diferentes mecanismos) a quienes se ocupan de manejar, resguardar, conservar y mejorar los ecosistemas, cuyos servicios tangibles e intangibles son de incuestionable valor para la formación, establecimiento y bienestar del planeta.

De manera general, los servicios ambientales se clasifican en servicios de soporte, provisión, regu-

lación y culturales (Nava-López *et al.* 2009). Los servicios de soporte se refieren al mantenimiento de biodiversidad, ciclos de nutrientes o hidrológicos, proceso de fotosíntesis, producción primaria o control biológico. Los de provisión contemplan bienes consumibles renovables y no renovables como los recursos hídricos, alimentarios y medicinales, así como materias primas, e incluso recursos genéticos para agricultura o ganadería. Los de regulación se encargan de procesos y funciones naturales que mantienen constantes y sin sobresaltos el clima, el agua, la calidad del aire, el tratamiento de desechos, el control de la erosión y otros factores. Finalmente, los culturales se refieren a aquellos valores o beneficios no materiales que el ser humano obtiene de su percepción estética del paisaje, de la sensación de arraigo, y del uso recreativo, espiritual o ecoturístico de determinados espacios que comúnmente son entendidos como patrimonio (Nava-López *et al.* 2009, Sánchez-Gómez y Rocha Gil 2014).

Un principio de los esquemas de pago por servicios ambientales es compensar a los ejidos y co-

comunidades que protegen estos servicios, pues al hacerlo incurren en costos. Tales compensaciones deben salir de los beneficiarios de los servicios: turistas y habitantes de ciudades cercanas. En el Parque Nacional El Chico, son varios los bienes y servicios ambientales identificados (cuadro 4).

La pérdida de bienes y servicios ambientales es una de las problemáticas básicas que enfrenta tanto el parque nacional, como toda la región de Mineral del Chico; particularmente la recarga de acuíferos (uno de los más apremiantes), captura de carbono, conservación de biodiversidad y valores escénicos y paisajísticos (Rendón 2008). En este contexto, el pago por servicios ambientales puede ser considerado una opción viable para apoyar el mantenimiento de dichos servicios y con ello la conservación de la biodiversidad. Para la implementación de este esquema, las propuestas deben cumplir al menos dos condiciones: estar sustentadas con evidencia científica (p.e. valoraciones biofísicas y socioeconómicas, estudios de oferta-demanda, costo-beneficio) y contar con estudios de monitoreo sobre los cambios en el uso del suelo.

Ambos aspectos van ligados: sólo con estudios continuos se puede ver la evolución en la conservación y utilidad de la tierra, a partir de lo cual se dimensiona la oferta de servicios ambientales entre las comunidades involucradas. También es necesario que esa oferta sea suficientemente flexible para ajustarse a requerimientos de mayor efectividad y eficiencia, lo que implica un esquema de contratos y pagos transparentes, basados en varias fuentes de ingreso que garanticen un flujo de apoyo financiero (Mayrand y Paquin 2004).

Geoparques

Los gobiernos estatal (Hidalgo) y municipal (Mineral del Chico) han buscado diversos mecanismos para proteger el Parque Nacional El Chico. Uno de ellos es la vinculación con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y su estrategia de geoparques como camino para conservar los bienes patrimoniales de los países miembros. Los geoparques son espacios geográficos homogéneos donde las comunidades “gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, con un concepto

holístico de protección, educación y desarrollo sostenible” (UNESCO 2015:10).

En la estrategia de los geoparques, el patrimonio natural y cultural, en unión con los demás aspectos del área, permite generar conciencia y buscar alternativas a las cuestiones fundamentales que afronta la sociedad: disminuir el impacto de los desastres, amortiguar los efectos del cambio climático y el aprovechamiento sostenible de los recursos del planeta. Al valorar la trascendencia del patrimonio geológico del área, los geoparques mundiales de la UNESCO fortalecen la identidad de la población y alientan estrategias de desarrollo local. El binomio protección-utilización de recursos geológicos implica la generación de nuevas fuentes de ingresos a través del geoturismo, y alienta la creación de empresas locales innovadoras, nuevas actividades y cursos de formación de alta calidad.

La idea del geoparque de la Comarca Minera surgió desde 2013 y las gestiones en firme datan del 2015. Fue promovido originalmente por académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Gobierno del Estado, para después incorporarse la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y la asesoría de la Universidad de Cataluña. Durante el proceso, se desarrollaron diversas actividades de capacitación a académicos y a comunidades involucradas. Días antes de la nominación, se impartió en Huasca de Ocampo un taller de capacitación sobre lo que implica la construcción de un geoparque y las responsabilidades que conlleva. Finalmente, el 5 de mayo de 2017, la UNESCO nombró a la Comarca Minera como geoparque mundial, junto con siete lugares más: Arxan y Keketouhai (China), Las Loras (España), Causses du Quercy (Francia), Isla de Qeshm (Irán), Mixteca Alta (Oaxaca, México) y Cheongsong (Korea). Con tales nombramientos se cuentan ya 127 geoparques en 35 países (Trejo 2017).

En el Proyecto Geoparque Comarca Minera colaboran las localidades de Huasca de Ocampo, Atotonilco el Grande, Singuilucan, Epazoyucan, Mineral del Chico, Omitlán de Juárez, Mineral de la Reforma, Mineral del Monte y Pachuca de Soto, municipios vinculados a una treintena de espacios elegidos por su capacidad para evidenciar la historia geológica del territorio y dejar ver su

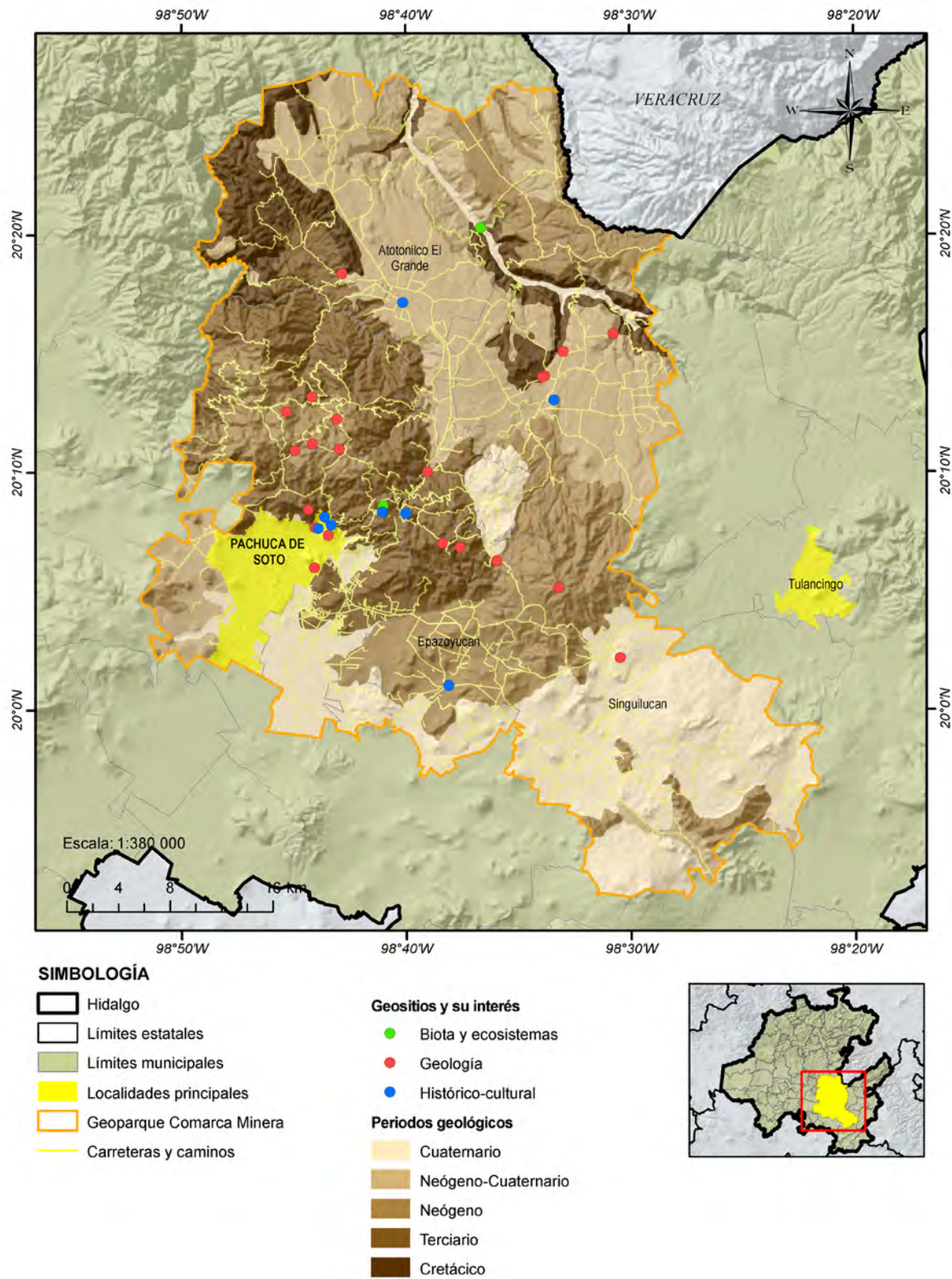


Figura 2. Geoparque Comarca Minera y sus sitios de interés. Fuente: elaboración propia con datos de Canet *et al.* 2017.

concordancia con la cultura (figura 2). Este valor histórico se construye por su relación con actividades productivas como la minería y la metalurgia; por otra parte, los espacios son significativos por su utilidad en términos científicos, educativos y estéticos, ya que en su mayor parte son de gran belleza paisajística.

Cabe señalar que estos geositos se conciben como espacios de una rica diversidad geológica. Se piensa que los geoparques pueden contribuir a la vigilancia y observación del cambio climático, así como a prevenir posibles desastres naturales, al sensibilizar a turistas y habitantes sobre estos fenómenos y sobre las estrategias para amortiguar sus consecuencias negativas. El esquema de consolidación de un geoparque en la Comarca Minera, con sus tácticas de desarrollo territorial basado en la educación, la habitabilidad, y el turismo consciente y ecológico, puede ser un factor clave en la conservación y aprovechamiento con criterios de sustentabilidad y protección de la biodiversidad en beneficio del municipio Mineral del Chico. Dado que los geoparques tienen una doble finalidad: el desarrollo socioeconómico de la zona y la subsistencia de la flora y fauna regional, la conservación de la biodiversidad se convierte en un instrumento del desarrollo de las comunidades anfitrionas.

Referencias

- Canet, C., J.C. Mora-Chaparro, A. Iglesias *et al.* 2017. Cartografía geológica para la gestión del geopatrimonio y la planeación de rutas geoturísticas: aplicación en el Geoparque Mundial de la UNESCO, Comarca Minera, Hidalgo. *Terra Digitalis* 1(2):1-7.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Protegidas. 2005. *Programa de Conservación y manejo Parque Nacional El Chico*. CONANP, México.
- _____. 2011. *Especies Incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Centro y Eje Neovolcánico*. En: <<https://simec.conanp.gob.mx/especies.php>>, última consulta: febrero de 2020.
- Durán, R. y L. Ramos. 2010. Papel de las áreas naturales protegidas en la conservación de la biodiversidad. En: *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, Yucatán, pp. 420-423.
- Marchena, M., F. Vera, A. Fernández y E. Santos. 1999. *Agenda para planificadores locales: turismo sostenible y gestión municipal*. OMT, Madrid.
- Mayrand, K. y M. Paquin. 2004. *Pago por servicios ambientales: Estudio y evaluación de esquemas vigentes*. En: <<http://www3.cec.org/islandora/es/item/2171-payments-environmental-services-survey-and-assessment-current-schemes-es.pdf>>, última consulta: 12 de diciembre de 2019.
- Melo, C. y J. López. 1993. Parque Nacional El Chico, marco geográfico-natural y propuesta de zonificación para su manejo operativo. *Investigaciones Geográficas* 28:65-128.
- Nava-López, M., M. Jujnovsky, R. Salinas-Galicia *et al.* 2009. *Servicios ecosistémicos*. En: <http://www.repsa.unam.mx/documentos/Nava-Lopez_et_al_2009_Servicios_ecosistemicos.pdf>, última consulta: 12 de diciembre de 2019.
- OMT. Organización Mundial del Turismo. 1999. *Guía para administradores locales: Desarrollo turístico sostenible*. OMT, Madrid
- PNUMA y OMT. Programa de las Naciones Unidas para el Medio

Conclusiones y recomendaciones

Actualmente Mineral del Chico, en su condición de pueblo mágico, se encuentra en manos del turismo, de la urbanización y de cambios constantes en el uso del suelo dentro del parque nacional que alberga. Estos tres elementos aumentan el riesgo de que se acelere el deterioro de sus áreas naturales. Diversas especies de flora y fauna se encuentran en peligro. Los esfuerzos que se han realizado a través del establecimiento de áreas naturales protegidas, el Geoparque Comarca Minera o las propuestas de pagos de servicios ambientales sólo serán efectivos si se llevan a cabo de común acuerdo con todos los involucrados: comunidades, turistas, gobiernos y académicos.

Es urgente que se reconozcan y se pongan sobre la mesa los objetivos de cada uno de los esquemas para asegurar la coordinación en sus estrategias de trabajo. Ello se podrá lograr si las finalidades económicas de los pueblos mágicos se basan en objetivos de conservación. Evidentemente, esto implica 1) una manera más inteligente y controlada de conducir el turismo en general, y 2) que se sigan las normas para evitar la alteración medioambiental y cultural según lo señala la Organización Mundial del Turismo (OMT 1999, Marchena *et al.* 1999, PNUMA y OMT 2005). Esto sería una alineación sustentable de estos esquemas, que a la fecha se contraponen.

- Ambiente y Organización Mundial de Turismo. 2005. *Making Tourism More Sustainable - A Guide for Policy Makers*. En: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8741/-Making%20Tourism%20More%20Sustainable_%20A%20Guide%20for%20Policy%20Makers-2005445.pdf?sequence=3&isAllowed=y>, última consulta: junio de 2020.
- Rendón, E. 2008. *Evaluación del potencial de los servicios ambientales en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México*. Tesis de maestría en ciencias. IPN, México.
- Sánchez-Gómez, N. y Z. Rocha-Gil. 2014. *La evaluación de servicios ambientales del soporte*. En: <revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/67/69>, última consulta: 12 de diciembre de 2019.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- SEMARNAT y CONANP. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. *Diagnóstico sobre la creación o modificación sustancial de programas presupuestarios a incluirse en el Proyecto de Presupuestos de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2016. Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas*. SEMARNAT, México.
- Trejo, L. 2017. *Aprueba UNESCO Geoparque Mundial de la Comarca Minera en Hidalgo*. En: <<https://www.elindependientede Hidalgo.com.mx/aprueba-unesco-geoparque-mundial-la-comarca-minera-en-hidalgo/>>, última consulta: 12 de diciembre de 2019.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2015. *Estatutos del programa internacional de ciencias de la tierra y geoparques. 38ª Conferencia General de UNESCO*. En: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pfo000260675_spa>, última consulta: 12 de diciembre de 2019.
- Valverde, C. 2015. Mineral del Chico, Hidalgo. Una puesta en valor para uso turístico. En: *Pueblos mágicos. Una visión interdisciplinaria*. Vol. 1. C. Valverde, L. López, A.M. Fernández y M.E. Figueroa (coords.). UNAM/UAM Xochimilco, México, pp. 247-74.
- Valverde, C. y J. Enciso. 2014. La magia de los pueblos: ¿atributo o designación? Turismo cultural en México. *Academia xxxi* 4(7):11-25.
- Valverde, C., L. López y A. Fernández. 2015. Huasca de Ocampo. Donde la magia inicia. En: *Pueblos mágicos. Una visión interdisciplinaria*. Vol. 1. C. Valverde, L. López, A.M. Fernández y M.E. Figueroa (coords.). UNAM/UAM Xochimilco, México, pp. 23-44.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Historia del agua en la vega de Metztlán

Ma. del Carmen López Ramírez y María del Consuelo Cuevas Cardona

Introducción

El agua ha sido un factor determinante para el desarrollo de las sociedades humanas; al mismo tiempo que es un recurso vital, también es un agente activo de cambio. En Metztlán, el río Venados es la corriente de agua perenne más importante del municipio y se encuentra dentro de la cuenca del Río Pánuco (García *et al.* 1996). Recorre toda la vega de sur a norte y desemboca en la laguna de Metztlán, un embalse de origen natural generado por el deslizamiento de rocas calizas de la formación Tamaulipas inferior, que ocurrió durante el Holoceno hace aproximadamente 10 millones de años (Rodríguez y Montes 2003), obstruyendo el cauce del río en la zona conocida localmente como El Tajo. Uno de los fenómenos más recurrentes en la región son las inundaciones. La literatura hace referencia a su ocurrencia desde la época prehispánica (Vergara 2003) y las pruebas que han dejado son evidentes; por ejemplo, en la comunidad de San Pedro Tlatemalco se encuentra una iglesia del siglo XVI parcialmente enterrada como resultado de una inundación.

Con base en revisiones documentales y entrevistas locales, ha sido posible ubicar en la historia las inundaciones de 1827, 1855, 1864 y 1888. En la memoria colectiva está presente, especialmente, la de 1888, cuya experiencia y conocimiento han sido transmitidos de manera oral de padres a hijos durante generaciones. Del siglo XX los pobladores recuerdan la acontecida en 1925, en la que el nivel del

agua se mantuvo alto durante cinco años; la de 1944, de la cual se tiene registro fotográfico (figura 1); la de 1955, una de las más presentes en la memoria local; la de 1988 que ocurrió tras una larga sequía; y la de 1999 que dejó memoria en la mayoría de los hidalguenses debido a la cobertura de los medios de comunicación. Finalmente, en 2011 la inundación dejó incomunicada a la cabecera municipal. La fuerte corriente que generó el río La Sierra (resultado de los escurrimientos de la zona de Zaucualtipán y San Agustín Metzquitlán) destruyó el puente de Jhuico.

Efectos en el entorno a causa de las inundaciones

Las inundaciones han tenido diferentes efectos en el ambiente. Por ejemplo, han provocado cambios en el cauce del río, como puede ser corroborado con documentación de archivo, como el siguiente ejemplo:

«El río va levantando el nivel de su lecho sobre el de las tierras circunvecinas. Cuando a causa de la laguna creciente se rompe alguno de los bordos en sus márgenes, la mayor altura del río sobre los terrenos adyacentes hace que las aguas se precipiten por un nuevo camino y que abandonen el antiguo cauce. En la barranca y la vega se ven claramente restos de antiguos cauces abandonados» (AHA 1926).

También hay evidencias físicas: en la comunidad de Atzocintla se conserva un puente de piedra –re-

López-Ramírez, C. y C. Cuevas-Cardona. 2021. Historia del agua en la vega de Metztlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 383-386.



Figura 1. Inundación registrada en la comunidad de San Cristóbal. Foto: Archivo Histórico del Agua.

cientemente reconstruido— por el que pasaba el río, como lo recuerdan los vecinos de la comunidad. Por otra parte, su efecto en la agricultura también es claro. Los campesinos han llegado a reconocer los límites de desbordamiento de la laguna, y han aprendido a trabajar con esto. De hecho, las inundaciones son consideradas en las comunidades de la vega como un evento que ayuda a limpiar los campos de plagas y a proveerlos de nutrientes.¹

Proyecto de desecación de la laguna de Metztitlán

El intento de desecar la laguna surgió desde la época prehispánica. De acuerdo con algunos estudios, en ese entonces los habitantes de Metztitlán trataron de abrir un socavón que atravesara un cerro (Lorenzo 2001). Posteriormente, en el siglo xvi, Fray Nicolás de Witte abrió “un pedazo de cerro a tajo

abierto” (Lorenzo 2001), y en 1789 Diego de Guadalupe y Tello presentó un proyecto de desagüe (Cantú-Treviño 1953). Para 1865 se formó la Comisión del Distrito de Metztitlán con el objetivo de desaguar la laguna (Lorenzo 2001); mientras que para 1872, el ingeniero Juan Barquera también desarrolló un proyecto de desecación, pero los trabajos terminaron debido a que hubo derrumbes en el túnel en construcción (Romero 1931). Hubo otros particulares que solicitaron realizar la obra, pero fue hasta 1928 cuando las obras recayeron en su totalidad en la Comisión Nacional de Irrigación, que logró reconstruir los dos túneles en los que ya se había trabajado. Para 1937, las obras aún en proceso se entregaron a la nueva Oficina de Irrigación y Control de Ríos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, y finalmente los túneles quedaron terminados (figura 2).

Estos túneles han permitido la regulación artificial del volumen de agua de la laguna, la disminución

¹ Información obtenida a partir de entrevistas realizadas durante los años 2012 y 2013, con habitantes de diferentes comunidades de la región.

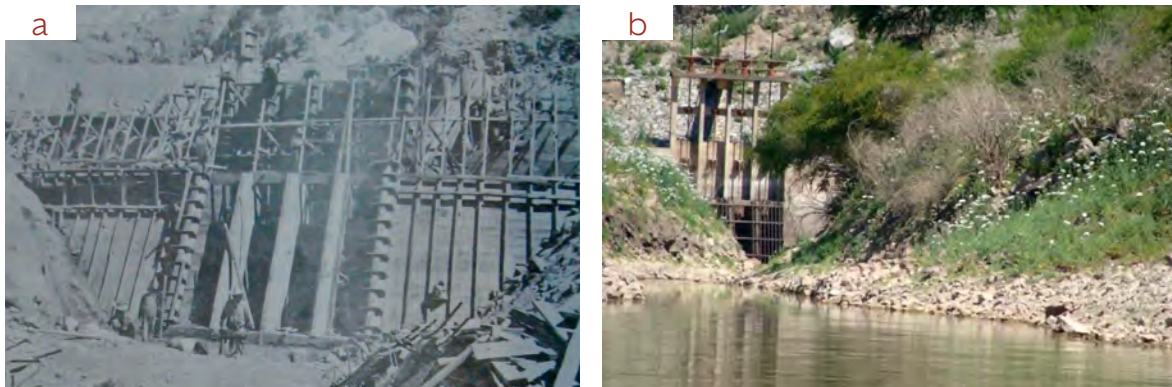


Figura 2. a) Construcción de túnel en la laguna de Metztitlán; b) túnel ubicado en el cerro El Tajo. Fotos: Archivo Histórico del Agua (a), Carmen López (b).

del tiempo de inundación en la vega y el descubrimiento de tierras para la agricultura. Este último punto se relaciona con el reparto agrario. Para la década de los cuarenta había cientos de solicitantes y pocas tierras disponibles; la acción de los túneles dejó al descubierto terrenos antes ocupados por la laguna, mismos que de inmediato fueron vistos como una opción para completar los ejidos (Lorenzo 2001). Esta necesidad fue tan grande, que hubo comunidades a las que se prometió la entrega de tierras que aún no habían sido desecadas y en las que, de hecho, hasta la fecha hay agua (cuadro 1).

Conclusiones

Como es posible apreciar, el paisaje se construye a través de la historia por múltiples eventos naturales y sociales que pueden gestarse al interior de las comunidades o provenir de políticas externas. El agua es uno de los elementos de cambio del paisaje natural y cultural; en este caso, el río y la laguna son factores que han estructurado el espacio físico y guiado la dinámica de las comunidades que habitan la región.

El agua es además un elemento vital que se ha visto perturbado por la agricultura, sobre todo por la aplicación de agroquímicos. Se considera importante generar la concientización en los productores locales, asesores técnicos y proveedores de agroquímicos, sobre los daños potenciales de su uso en las tierras productivas de la vega, que irremediablemente repercute en los cuerpos y corrientes de agua de la zona; es indispensable generar un plan

Cuadro 1. Reparto de ejidos a partir de terrenos de la laguna.

Comunidad	Superficie (ha)	Año de concesión
San Cristóbal	147.00	1939
Hualula	15.81	1939
Tlaxco	69.00	1940
Mesa Grande	25.77	1940
Tepeyacapa	62.91	1940
San Juan Metztitlán	40.26	1940
San Pablo Tetlapayac	73.84	1941
Ixtacapa	41.39	1941
Atzcolintla	42.66	1941
Ixtazacuala	40.08	1941
Tlatepexi	37.25	1941
El Pedregal	76.92	1941
Ixtayatla	69.02	1954
Coyometeco	24.27	1955

Fuente: elaboración propia a partir de información del Archivo General Agrario.

de acción que debe ser incluido en el plan de manejo de la reserva como todo un apartado sobre el agua, su conservación y manejo.

Referencias

- AHA. Archivo Histórico del Agua. 1926. *Inspección del río con objeto de realizar obras para evitar inundaciones, 13 de agosto de 1926*. Fondo Aprovechamientos Superficiales, Caja 625, Expediente 9053, Foja 6. México.
- Cantú-Treviño, S. 1953. *La Vega de Metztitlán en el estado de Hidalgo*. Tesis de maestría en geografía. UNAM, México.
- García, M.T., J. Lugo y D. Palacios. 1996. La obturación de valles por procesos de ladera: El origen de la vega de Metztitlán (México). *Cadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe* 21:325-335.
- Lorenzo, C. 2001. *Metztitlán, Hgo., en el siglo XVI: economía y política*. Tesis de maestría en historia de México. UNAM, México.
- Rodríguez, A. y S. Montes. 2003. *Ficha informativa de los Humedales Ramsar*. En: <http://www.ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMRSAR/Hidalgo/Laguna_de_Metztitlan/Laguna%20de%20Metztitl%C3%A1n.pdf>, última consulta: septiembre de 2019.
- Romero, J. 1931. Las obras de desecación de la Laguna de Metztitlán. *Irrigación en México* 4(1):33-37.
- Vergara, A. 2003. *Las inundaciones en Metztitlán: un problema con historia*. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo, Pachuca.



Impacto de la minería en el medio ambiente de la región Pachuca-Mineral del Monte

Javier Ortega Morel

La minería fue la actividad más importante de la región de Pachuca-Mineral del Monte desde el siglo xvi hasta mediados del siglo xx. La extracción de la plata implicó minería subterránea en los actuales municipios de Pachuca de Soto, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma y Mineral del Chico. Las operaciones necesarias para obtener el metal a partir de los minerales extraídos de las minas se efectuaban en primera instancia en los mismos lugares donde se extraía el mineral, y después en Omitlán de Juárez y Huasca de Ocampo, ya que en éstas últimas localidades abundaba el agua necesaria para tales procesos. Estas actividades implicaron severos efectos sobre el medio ambiente, fuera por los requerimientos de materiales o por la generación de desechos. En este capítulo se discuten ambos temas en relación con la demanda de productos forestales y los desechos resultantes de la actividad minera (jales) en la zona de estudio.

Demanda de productos forestales

En la minería, la madera fue utilizada como elemento de construcción, como soporte en túneles y como combustible, fuese éste leña o carbón vegetal. La mayor demanda de estos insumos ocurría en los procesos de fundición de minerales para obtener el producto metálico final. Diferentes métodos

se ocuparon en el pasado; por ejemplo, los hornos del siglo xvi operaban con carbón vegetal, lo que implicaba ocupar el doble de madera. Para facilitar el proceso, además era necesario contar con cierta cantidad de compuestos aportadores de plomo como fundentes (Morrall *et al.* 1988). En el caso de los minerales de mayor valor económico, éstos se sometían al proceso de fundición directa después de haberse molido finamente. La Hacienda de Santa María Regla, en el municipio Huasca de Ocampo, fue la principal encargada de realizar este proceso. De esta forma, el consumo de madera y leña para la fundición directa fue notorio. Tras suspender ese tipo de procesamiento de minerales en la región, a fines del siglo xix, una comisión del Instituto Geológico indicó que cada tonelada de mineral fundido requería para su obtención entre 3.5 y 6 t de carbón de madera (Ezequiel-Ordoñez 1899).

La operación de máquinas de vapor (introducidas después de la Independencia de México)¹ representó otro consumo significativo de leña. Tales equipos efectuaban el desagüe de las minas, en las haciendas mineras y en los talleres, todos ellos localizados en los actuales municipios Mineral del Monte y Pachuca de Soto. La región ofrecía la ventajosa presencia de amplias zonas boscosas (y con ello la provisión de recursos forestales), mismas que se concesionaron a la compañía minera británica que

¹ Introducidas por la empresa de capital británico Compañía de los Caballeros Aventureros de las Minas de Real del Monte y Pachuca.

Ortega Morel, J. 2021. Impacto de la minería en el medio ambiente de la región Pachuca-Mineral del Monte. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 387-392.

quedó a cargo de las haciendas Guajolote, Zembo e Izutla (Ward 1985). Para 1849, los ingleses vendieron sus propiedades a un grupo de accionistas mexicanos que continuaron los trabajos y ampliaron sus actividades con el auge de la mina El Rosario, en Pachuca. Este aumento ocasionó que los recursos vegetales circundantes (p.e. sauces, salicáceas, nogales, juglandáceas, pinos, encinos y fagáceas; Almaraz 1993) fueran sometidos a severa explotación, situación expuesta en 1882 por el ingeniero Manuel Rivera Cambas para la parte árida de la serranía:

«La madera es muy costosa por la falta de bosques en casi toda la cordillera de Pachuca, talada por las empresas mineras para alimentar las calderas de las máquinas de vapor, para fortificar las minas y para las numerosas y urgentes aplicaciones que tienen en las haciendas de beneficio; los bosques eran comprados a muy bajo precio y talados sin cuidar del porvenir... circunstancia que influye en la escasez de lluvias y en el desequilibrio de la temperatura... calcúlase el consumo de leña en más de noventa mil quintales (4 142.25 t) al mes» (Rivera Cambas 1981:123).

Esta situación no fue atendida inmediatamente; transcurrieron treinta años para que los científicos de la Comisión Científica de Pachuca presionaran y consiguiesen del gobierno federal medidas más efectivas para detener la deforestación, mediante la declaratoria de El Chico como bosque nacional, convirtiéndose en la primer área natural protegida de México (Almaraz 1993, Cuevas-Cardona *et al.* 2008).

Disminución del impacto a los bosques cercanos

Diferentes elementos técnicos y económicos contribuyeron a frenar paulatinamente la tala de bosques próximos a la región minera. La disponibilidad del ferrocarril permitió el abastecimiento de materiales desde sitios distantes. Por ejemplo, desde 1883, el ferrocarril de Hidalgo permitió abastecer madera proveniente de la región de Tulancingo (AH-CRMP 1883). Asimismo, una estación del ferrocarril Central en la Hacienda Cuyamaloya (entre Pachuca y Tulancingo) detonó el abasto de madera, leña y carbón vegetal en la región. Por otra parte, con el tendido de vías férreas se facilitó la importación de

carbón mineral procedente de Europa y Estados Unidos, desplazando el uso del carbón vegetal como principal fuente de combustible, ya que el rendimiento del carbón mineral era tres veces superior al de la leña seca, y cuatro si la leña estaba húmeda (AH-CRMP 1887).

El ferrocarril también permitió aminorar el impacto generado en las proximidades a causa de los procesos por fundición directa. Alrededor de 1880, comenzaron a enviarse los minerales de mayor valor económico a fundiciones especializadas establecidas en diversos sitios del norte del país, mismas que empleaban carbón mineral. Estos establecimientos operaban a gran escala y recibían minerales de diversos orígenes, dando servicio a diferentes empresas mineras. En ellas se podían combinar los minerales argentíferos (que contienen plata) con plomoso-argentíferos que aportaban el plomo como fundente (Bernstein 1964, Uthhoff 1983).

A partir de 1897 se introdujo la maquinaria accionada por electricidad, y poco después el petróleo y sus derivados comenzaron a utilizarse, primero en lámparas de alumbrado, sustituyendo las velas. Además, después de la adquisición de la Compañía de Real del Monte y Pachuca por un grupo norteamericano en 1907, los hornos de fundición de las haciendas fueron adaptados para funcionar mediante la quema de combustóleo o chapopote.

Para esta época (inicios del siglo xx) comenzaron las campañas de reforestación de las áreas de Mineral del Monte. Con el esfuerzo de varios años se consiguió cierta recuperación en zonas boscosas, y el Ayuntamiento hizo público el reconocimiento al ingeniero agrónomo Jesús del Raso por los trabajos de reforestación particulares para el Parque Estatal Bosque El Hiloche, un área de tradicional paseo para la población de Mineral del Monte (figura 1; Gobierno del Estado 1898). Asimismo, fue bajo este contexto que se hizo la primera declaratoria de los alrededores de El Chico como bosque vedado a la tala, lo que sería la base para su ulterior nombramiento como área natural protegida. En la actualidad, además del Parque Estatal Bosque El Hiloche y el Parque Nacional El Chico, la región Pachuca-Mineral del Monte y sus proximidades alberga otras áreas naturales protegidas (p.e. Zona de Preservación Ecológica La Lagunilla, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Parque Ecológico Cubitos) que favo-



Figura 1. Vegetación dentro del Parque Estatal Bosque El Hiloche, en Mineral del Monte (noviembre 2019). Foto: Javier Ortega Morel.

recen el resguardo de bosques de coníferas y encinos, además de matorrales xerófilos y pastizales (SEMARNAT 2008).

Los jales: contaminación y recursos

Cuando comenzó la explotación argentífera, los minerales obtenidos en la región no justificaban los altos costos del proceso de fundición directa; la obtención de minerales se realizaba mediante el procesamiento denominado beneficio de patio, por realizarse en los patios de las haciendas dedicadas a tal efecto. Este método fue desarrollado en Pachuca por Bartolomé de Medina en 1555 y tuvo una vigencia de más de 350 años (AHCMP 1906).

Para obtener plata, el mineral se molía finamente y era depositado en montones denominados tortas, a las que se añadía agua, sal, cal, sulfato de cobre (u otros reactivos) y mercurio. El objetivo era que la plata se uniera con el mercurio formando una mezcla o amalgama que se recogía después de retirar las arenas por medio de agua corriente; posteriormente, la amalgama se calentaba para separar el mercurio mediante evaporación. La plata esponjosa resultante se fundía en hornos que empleaban

carbón vegetal, y se fabricaban lingotes (que podían contener algo de oro) que se entregaban a la Casa de Moneda. Por su alto costo, se procuraba recuperar el mercurio de los patios cuando las haciendas eran abandonadas; no obstante, estas prácticas ocasionaban, entre otras cosas, severos problemas de salud a las personas o animales que entrasen en contacto con dicho metal.

Los desechos arenosos resultantes del proceso de depuración mineral, llamados jales, se descargaban en los ríos cercanos de la región. Esta práctica fue recurrente por siglos y representa un grave problema de contaminación ambiental actual en muchos sitios del país. Pueden señalarse Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Sonora, Nayarit y Estado de México, como las entidades con reconocida tradición minera en el país y mayor afectación ambiental (Coll-Hurtado *et al.* 2002:103-118). En el caso de Hidalgo, concretamente para los municipios Pachuca de Soto y Mineral del Monte, el impacto de la actividad minera es visible en los depósitos de arena y los metales pesados que contienen.

En el pasado, la acumulación de los jales en el cauce de los ríos se retiraba con la intención de recuperar rastros de minerales argentíferos. Se tiene

noticia que, en 1877, la Compañía Aviadora de las Minas de Real del Monte y Pachuca y otros particulares pagaron la limpieza del río de Pachuca; concretamente el tramo entre la Hacienda de Loreto y la iglesia de La Asunción. Aparte de recuperar plata, los materiales sirvieron para construir terraplenes en diversas calles y muros para delimitar el cauce del río (Manzano 1877). Para 1882, capital norteamericano fue invertido en la creación de una compañía dedicada al tratamiento de los jales del río de las Avenidas en Pachuca (Rivera Cambas 1881).

Entre 1906 y 1912, el método de amalgamación se sustituyó por el de cianuración. El nuevo procedimiento resultaba ser mucho más rápido y fácil de controlar, lo que potenció la extracción de minerales y con ello la descarga de jales y restos de cianuro hacia los ríos. Fue hasta 1930 que se instaló una planta de regeneración de cianuro en la Hacienda de Loreto de Pachuca, para reducir las emisiones del compuesto (Galindo 1957). Esta instalación tenía el inconveniente de operar con la quema de azufre, contaminando al aire de la zona metropolitana, por lo que en 1984 dicho procesamiento fue sustituido por sistemas menos dañinos al medio ambiente (GAN 1996).

La incidencia ambiental por la descarga de cianuro aún no ha sido evaluada. En un principio se asumió que el cianuro expuesto al sol, en medios neutros, habría de descomponerse en compuestos no tóxicos como CO_2 y nitritos (Colmenares 2007). No obstante, la acumulación de jales lanzados al cauce de los ríos tuvo severos perjuicios sobre las tierras de cultivo, ya que una cubierta de desechos finamente molidos se depositaba en las tierras y hubo demandas contra las compañías mineras – entre ellas Real del Monte y Pachuca – por responsabilidad civil (AHCMP 1912). En 1912, la Junta Directiva de la Compañía Real del Monte y Pachuca decidió asignar 250 trabajadores para hacer limpieza en el cauce del río (AHCMP 1913a).

En respuesta a esta problemática, las compañías San Rafael, Santa Gertrudis y Real del Monte y Pachuca se unieron y formaron la Asociación de Compañías Beneficiadoras de Pachuca S.C. de R.L., para gestionar y confinar los desperdicios en un lugar común, y cumplir con las disposiciones gubernamentales (AHCMP 1913b). Uno de los depósitos se ubicó en la comunidad de Santa Julia, cinco kilóme-

tros al sur del centro de la capital estatal y a un lado de la carretera México-Pachuca. La compañía Santa Gertrudis estableció otro depósito en la comunidad Carboneras, frente al actual Centro de Extensión Universitaria de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Por su parte, la Hacienda de Guerrero estableció su depósito en la comunidad de Velasco, en el municipio Omitlán de Juárez.

En Pachuca, el material procedente de la Hacienda de Loreto era conducido por tuberías y canales siguiendo un trayecto paralelo al río de las Avenidas que atraviesa la ciudad de norte a sur hasta los sitios de confinamiento en los terrenos de Santa Julia, a un lado de la carretera México-Pachuca. Ahí se descargaba el material suspendido en agua (llamado pulpa), en superficies delimitadas por bordos, a fin de constituir artificialmente lagunas de asentamiento. Conforme el material se acumulaba, el depósito alcanzaba mayor altura, por lo que fue necesario usar el bombeo y disponer de personal para la construcción de bordos, además de atender bombas y tuberías. Con ello, se comenzó a recuperar el agua libre de sólidos de las lagunas y a bombearse de regreso a las plantas procesadoras (AHCMP 1925).

Con el descenso de la actividad minera, alrededor de 2005, las lagunas dejaron de recibir las descargas; éstas se fueron secando y apareció vegetación secundaria (p.e. *Schinus molle*, *Opuntia* spp.), además de diversos tipos de gramíneas y malezas (p.e. *Brickellia veronicifolia*, *Zaluzania triloba*, *Solanum elaeagnifolium*, *Stipa tenuissima*, *Bouteloua curtipendula*, *Haplopappus venetus* y *Cynodon dactylon*) que aprovecharon los restos de humedad (figura 2; Hernández-Acosta *et al.* 2009). En temporada de lluvias, en las antiguas lagunas se acumula agua que se usa en la industria de la construcción. Cabe señalar que su empleo en el riego para cultivo de productos por consumo humano está contraindicado, por las posibles trazas de cianuro y otros metales pesados que pudiesen llevar. Como se indicó anteriormente, el impacto real no ha sido cuantificado, pero existen innumerables denuncias por parte de las poblaciones aledañas a diversas zonas mineras.

En los jales quedó cierta cantidad de plata que el proceso de beneficio no podía recuperar; se calcula que puede haber aproximadamente 30 g de plata por tonelada de jale. Para recuperar algo de esos



Figura 2. a) Laguna de asentamiento, desecada recientemente al sur de Pachuca (se aprecia el lecho, el canal de escurrimiento y el bordo de delimitación, así como vegetación secundaria en terraplén inferior); b) malezas en terraplenes de jale, al sur de Pachuca. Fotos: Javier Ortega Morel.

minerales se buscó, desde comienzos del siglo xx, reprocesar por cianuración los jales antiguos acumulados en los márgenes del río de las Avenidas que atraviesa Pachuca (Southword y Holms 1908). Primero, fueron empleados tanques de asentamiento y precipitación donde las arenas de los jales se procesaban en una solución con virutas de zinc (Probert 1947). Para mediados del mismo siglo, la Comisión de Fomento Minero, con el apoyo de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, emprendió el re-procesamiento de jales con la planta de Santa Julia por medio de tanques de proceso y celdas de flotación. Aparte de plata y oro, se recuperaron pequeñas cantidades de plomo, zinc y cobre; los minerales recuperados se enviaban a procesadoras externas (Geyne *et al.* 1963). Esta empresa trabajó los jales de Velasco de la Hacienda de Guerrero en la década de los ochenta. Actualmente continúa aprovechando los jales, mismos que son transportados en camiones a la Hacienda de Loreto, que cuenta con equipos e instalaciones nuevas, adecuadas para esta tarea.

Con el tiempo, los depósitos de jales fueron alcanzados por el crecimiento urbano de Pachuca. La Compañía de Real del Monte y Pachuca donó terrenos para establecer escuelas, caminos e incluso el estadio Hidalgo, donde juega el equipo de fútbol Pachuca. En años recientes se han establecido centros comerciales y fraccionamientos residencia-

les, que han aportado ganancias que no se ocuparon en capitalizar las minas. Se desconoce si se realizaron estudios sobre los riesgos de la contaminación existente en esos lugares, sobre todo por las partículas que lleva el viento. Ante la reciente noticia de que los residuos del procesamiento de los jales serían depositados en el municipio Epazoyucan, se levantó una oposición de vecinos y el proyecto quedó suspendido.

Conclusiones

La actividad minera durante el pasado incidió negativamente en el medio ambiente de la región Pachuca-Mineral del Monte por el consumo de leña y madera, causando un severo deterioro en los bosques aledaños. La defensa de esos bosques se dio a partir de medidas restrictivas, como la declaratoria de áreas naturales protegidas junto con campañas de reforestación exitosas. Las medidas establecidas y la disminución de la actividad minera permitieron salvaguardar y recuperar importantes extensiones de superficies arboladas.

Otro impacto negativo de la minería local sobre el medio ambiente fue el apilamiento masivo de los desechos de la producción minera, muchos de los cuales son residuos finamente molidos que se dispersan por el viento. Al respecto, el brote de plantas silvestres y vegetación secundaria, aclimatadas al

suelo de los jales, ha ayudado a atenuar la problemática de contaminación por presencia de partículas suspendidas en el aire.

De lo anterior se ha aprendido mucho. Ahora se tienen instituciones y normas que se preocupan por mantener un medio ambiente sano. El impacto actual de la minería en la zona de El Chico no se compara con otras fuentes contaminantes, como

la enorme cantidad de desechos que la vida moderna genera y la falta de conciencia individual para el manejo de la basura. Es claro que se debe apoyar la recuperación del medio ambiente, fomentando la voluntad individual y colectiva, con instituciones e investigaciones que definan el rumbo a seguir y vigilen las condiciones y efectos de la actividad humana que inciden en el entorno natural.

Referencias

- AHCRMP. Archivo Histórico Compañía de Real del Monte y Pachuca. 1883. Serie Ferrocarriles, registrador 3, FC Hidalgo y Nordeste. 9 de junio.
- _____. 1887. Administración de Minas Real del Monte, tomo 30, pp. 473-474.
- _____. 1906. Actas de la Junta Directiva, acta de agosto 1, pp. 457-458.
- _____. 1912. Actas de la Junta Directiva, acta del 19 de junio de 1912, p. 392.
- _____. 1913a. Actas de la Junta Directiva, acta de enero 8 de 1913, p. 418.
- _____. 1913b. Actas de la Junta Directiva, acta de julio 23 de 1913, p. 441.
- _____. 1925. Informe del Director 1925, vol. 5, exp. 9, pp. 1-2.
- Almaraz, R. 1993. *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*. M.A. Porrúa, México.
- Bernstein, M.D. 1964. *The Mexican mining industry, 1890-1950. A study of the interactions of politics, economics and technology*. New York State University, Estados Unidos.
- Coll-Hurtado, A., M.T. Sánchez-Salazar y J. Morales. 2002. *La minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente*. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Colmenares, W. 2007. *Degradación del cianuro de sodio en solución acuosa, efecto del pH y concentración del sulfato de cobre*. En: <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/degradacion_cianuro_sodio>, última consulta: 21 de noviembre de 2019.
- Cuevas-Cardona, C., A. Martínez-Falcón y O. Molina-González. 2008. Los científicos en la creación de las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo. En: *Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo*. G. Pulido Flores, A.L. López Escamilla y M.T. Pulido Silva. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 7-17.
- Ezequiel-Ordoñez, M. 1899. *El Real del Monte*. Boletín 12. Instituto Geológico de México, México.
- Galindo, J. 1957. *El Distrito Minero Pachuca-Real del Monte*. Compañía de Real del Monte y Pachuca, Pachuca.
- GAN. Grupo Acerero del Norte. 1996. *Fusión*. Revista número 19, julio. GAN, Monclova.
- Geyne, A.R., C. Fries, K. Segestrom et al. 1963. *Geología y yacimientos minerales de los distritos de Pachuca y Real del Monte, Hgo.* Consejo de Recursos Naturales No Renovables, México.
- Gobierno del Estado. 1898. *Reconocimiento al agrónomo del Raso*. Publicado el 1 de abril de 1898 en el Periódico Oficial del Estado.
- Hernández-Acosta, E., E. Mondragón-Romero, D. Cristobal-Acevedo et al. 2009. Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Chapingo* serie ciencias forestales y del ambiente 15(2):109-114.
- Manzano, T. 1877. *Anales del Estado de Hidalgo*. Gobierno del Estado, Pachuca.
- Morral, F.R., E. Jimeno y P. Molera. 1988. *Metalurgia general*. Editorial Reverté, Barcelona.
- Probert, A. 1947. *Historical sketch: Pachuca Mining District*. A. Probert, México.
- Rivera Cambas, M. 1981. *México pintoresco, artístico y monumental*. Editorial del Valle de México, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. *Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Hidalgo*. SEMARNAT/Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Estado de Hidalgo/CONAFOR, Pachuca.
- Southword, J.R. y P.G. Holms. 1908. *El directorio oficial minero de México*. J.R. Southworth y P.G. Holms, México.
- Uthhoff, L.M. 1983. *La American Smelting and Refining Company (ASARCO) en México, 1890-1930*. Tesis de licenciatura en historia. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM, México.
- Ward, H.G. 1985. *México en 1827: selección*. FCE, México.



Especies exóticas invasoras y sus instrumentos normativos

Omar Díaz Segura, Jordan Kyril Golubov Figueroa, María Loraine Matias Palafox, Anais Julieta Salomé Díaz, Oscar Sandino Guerrero Eloisa y María Cristina Ramírez Gutiérrez

Introducción

Uno de los principales retos ambientales que enfrenta la humanidad es la conservación de la biodiversidad, la cual incluye a los ecosistemas y sus servicios ambientales (MA 2005, Challenger y Dirzo 2009). Dentro de los distintos factores que amenazan a la biodiversidad destaca la introducción de especies exóticas invasoras (EEI; MA 2005, Molnar *et al.* 2008, Pysek y Richardson 2010), ya que es considerada la segunda causa de pérdida de diversidad biológica a nivel mundial (Sala *et al.* 2000), así como la primera causa en el territorio insular en México y tercera en su territorio continental (Challenger y Dirzo 2009, Koleff 2017).

Las EEI son organismos que se encuentran en zonas geográficas que no corresponden a su distribución original, ya sea por causa accidental o intencional, cuyos atributos biológicos como altas tasas de fecundidad y dispersión, y tolerancia a una amplia variedad de condiciones ambientales, les permite mantener poblaciones viables a través del tiempo y modificar de forma importante el entorno (Baker 1965, Sutherland 2004).

Entre los impactos que estas especies pueden generar se encuentra la competencia con especies nativas, la transmisión de enfermedades, la depredación, cambios en la estructura genética de las poblaciones de especies nativas a través de la hibridación (Davis 2009, Pysek y Richardson 2010, Blackburn *et al.* 2014, Schindler *et al.* 2015), e incluso

efectos negativos a nivel ecosistema como la modificación de los ciclos biogeoquímicos, la modificación de la estructura de los niveles tróficos, así como el incremento en la incidencia de fuego (Vitousek 1990, Ehrenfeld 2010).

Adicionalmente, se ha documentado que la proliferación excesiva de EEI conlleva a la contaminación y a la pérdida de productividad en diversas actividades económicas y el desempleo, la degradación de tierras de cultivo y reducción en la producción de alimentos, daños en infraestructura pública y privada, detrimento en la calidad del agua, y en los paisajes de valor turístico e histórico, entre otros (GISP 2007); provocando inestabilidad económica y social (Mendoza *et al.* 2007, Pratt *et al.* 2017). Como resultado, se requiere una inversión elevada para el control o erradicación de dichas especies (Pimentel *et al.* 2000, 2001, 2005, Williams *et al.* 2010, Pratt *et al.* 2017).

Las pérdidas económicas que ocasionan las EEI son difíciles de cuantificar; sin embargo, existen algunas aproximaciones de gran interés (ver Pratt *et al.* 2017). Por ejemplo, en Gran Bretaña se han estimado costos económicos de las invasiones biológicas de al menos 1.7 mil millones de libras esterlinas (Williams *et al.* 2010, Shaw *et al.* 2014), mientras que en Australia las pérdidas llegan a los 9.8 mil millones de dólares americanos (Hoffmann y Broadhurst 2016) y en Estados Unidos asciende a 120 mil millones de dólares americanos (Pimentel *et al.* 2005).

Díaz-Segura, O., J. Golubov, Ma.L. Matias-Palafox, A.J. Salomé-Díaz, O.S. Guerrero-Eloisa y M.C. Ramírez-Gutiérrez. 2021. Especies exóticas invasoras y sus instrumentos normativos. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 393-403.

Aunque algunos indicios sugieren que las pérdidas económicas en México son similares a los generados en otros países (Zavaleta 2000, Espinosa-García y Villaseñor 2017), desafortunadamente no existen estimaciones generales de pérdidas económicas relacionadas con las EEI (Ruiz-Guerra y Velázquez-Rosas 2016). Esto se debe, en parte, a que se carece de información referente al número de EEI por estado, no se conocen las vías de introducción y distribución, y no existen acciones relevantes realizadas para mitigar los daños, prevenir su introducción, controlarlas y erradicarlas. Sin embargo, México se ha sumado a iniciativas importantes a nivel internacional y ha incluido el tema en los distintos instrumentos normativos federales y estatales (Ortiz Monasterio Quintana 2013). A continuación, se presenta una breve descripción de dichos instrumentos.

Marco internacional

México ha firmado varios tratados en el ámbito internacional (Álvarez-Torres 2014); entre ellos destacan la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (FAO 1997), la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM 1983), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 1992), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB 1993), el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (OMC 2012) y el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (OMI 2017). Todos estos tratados tienen la intención de prevenir y combatir la introducción de EEI mediante la realización de análisis de riesgos, la obtención de información científica, la cooperación y la comunicación eficaz.

Marco federal

A nivel federal, México ha generado un marco institucional en donde distintos organismos del gobierno atienden la problemática de las EEI (Mendoza-Alfaro *et al.* 2014, Ortiz Monasterio Quintana 2014). Por ejemplo, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo

Rural (SADER)¹ cuenta con importantes atribuciones y un marco legal adecuado aplicado a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), con la finalidad de proteger los recursos agrícolas, acuícolas y pecuarios de plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria y económica, para facilitar el comercio de bienes de origen animal y vegetal.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) cuenta con diversas unidades administrativas y órganos descentralizados que realizan acciones en este ámbito, como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a través de la cual se consideran las plagas forestales, y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que lleva a cabo proyectos de prevención, control y erradicación en áreas naturales protegidas. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) realiza contribuciones importantes en la erradicación de EEI en islas, mientras que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) se encarga de la inspección y vigilancia, y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) brinda información para la toma de decisiones sobre EEI.

Otras dependencias gubernamentales que tienen una participación en la atención a las EEI son la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Marina (SEMAR), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y la Secretaría de Salud (SSA), entre otras (Ortiz Monasterio Quintana 2014). También se ha generado un marco normativo integrado por una gran diversidad de leyes aplicables a las EEI en donde, entre otras cosas, se intenta prevenir su introducción y se regula su manejo, control o erradicación (cuadro 1; Ortiz Monasterio Quintana 2013, 2014, Álvarez-Torres 2014, Mendoza-Alfaro *et al.* 2014, Ortiz Monasterio Quintana *et al.* 2017).

En 2010 se publicó la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: prevención, control y erradicación* (ENEI; CANEI 2010) donde se plantearon tres objetivos para minimizar los efectos dañinos de las EEI: 1) prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras; 2) establecer programas

¹ Anteriormente Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Cuadro 1. Instrumentos jurídicos en México que inciden directa o indirectamente sobre la prevención, control o erradicación de EEI a nivel nacional.

Ley	Descripción
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (artículos 46, 49, 51, 80 y 85)	Prohíbe la introducción de especies exóticas invasoras a las áreas naturales protegidas y a los ecosistemas marinos; asimismo busca proteger a la flora y fauna contra la acción perjudicial de EEI. Establece que el manejo de ejemplares y poblaciones exóticas sólo se realizará en condiciones de confinamiento acorde con un plan de manejo que deberá ser previamente autorizado por la SEMARNAT para evitar efectos negativos de estas especies sobre los individuos y poblaciones nativos y su hábitat; asimismo, prohíbe la liberación o introducción de EEI a los ecosistemas naturales y niega la autorización de la importación de EEI portadoras de otras especies exóticas que representen una amenaza
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (artículos 21, 78, 79 y 112)	Promueve la firma de convenios a través de la SEMARNAT y la CONAFOR para que las entidades federativas programen y operen tareas para el control de plagas, enfermedades y de especies exóticas invasoras en materia forestal. Confiere a la SEMARNAT la responsabilidad de emitir normas oficiales mexicanas con el fin de prevenir, controlar y combatir las plagas y las enfermedades forestales. Prohíbe el establecimiento de plantaciones forestales comerciales que sustituyan la vegetación nativa
Ley Federal de Sanidad Animal (artículos 26, 78, 79 y 95)	Prohíbe la importación de animales que no estén libres de enfermedades o plagas exóticas para evitar riesgos zoonosarios. Asimismo, establece que la SAGARPA debe integrar, operar y expedir las normas oficiales que establezcan las medidas de seguridad que deberán aplicarse si se diagnostica una enfermedad o plaga exótica de los animales
Ley Federal de Sanidad Vegetal (artículo 47)	Promueve, por medio de SAGARPA, acuerdos y convenios con los gobiernos de los estados, con la finalidad de crear fondos de contingencia para afrontar las emergencias fitosanitarias que surjan por la presencia de plagas exóticas en el territorio nacional, las cuales pongan en peligro el patrimonio agrícola o forestal del país
Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (artículos 17 y 84)	Se prioriza el uso de especies nativas para cultivo sobre especies exóticas, buscando reducir el impacto ambiental. Establece que los programas de monitoreo ambiental que acompañan a los planes de ordenamiento acuícola deberán informar, entre otras cosas, el impacto sobre los ecosistemas por la introducción de fauna exótica

Para más información sobre normatividad y el marco jurídico de EEI consultar Ortiz Monasterio Quintana 2013, 2014, Álvarez-Torres 2014, Mendoza-Alfaro *et al.* 2014 y Ortiz Monasterio Quintana *et al.* 2017. Fuente: elaboración propia con información de SENASICA 1994, 2007, SEDUE 1998, SEMARNAT 2003, CONAPESCA 2007.

de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas; y 3) informar oportuna y eficazmente a la sociedad para que asuma las acciones a su alcance en la prevención,

control y erradicación de las especies invasoras. Asimismo, la *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030* (CONABIO 2016a), considera acciones para atender a las EEI como un factor de presión importante sobre la biodiversidad.

Cuadro 2. Estudios y estrategias estatales con información para el conocimiento y atención de EEI.

Estado	Información dentro del estudio en relación con EEI	Acciones establecidas en la estrategia para controlar y erradicar la presencia de EEI
Aguascalientes	Se presentan listados de especies para plantas e insectos (entomofauna). Para anfibios, reptiles, aves y mamíferos sólo se presentan estudios de caso con algunas especies	Sólo se presenta el número de especies exóticas registradas en la entidad (123), aunque no todas son invasoras
Campeche	Se mencionan especies de peces exóticos en la entidad y dos especies de aves exóticas: el pavo real (<i>Pavo cristatus</i>) y el cotorro de frente escarlata (<i>Psittacara wagleri</i>). Existen dos especies aprovechadas en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA): el jabalí (<i>Sus scrofa</i>) y el ganso de Canadá (<i>Branta canadensis</i>)	Se cuenta con estrategias de control y erradicación de especies invasoras. Existe un estudio técnico de diagnóstico y monitoreo donde se han identificado vías y mecanismos de introducción. Existen campañas informativas sobre las consecuencias de liberar a estas especies. Se da seguimiento a regulaciones relacionadas con su comercio y se promueve la participación social para su control
Chiapas	Se menciona la introducción de algunas especies de peces como la lobina negra (<i>Micropterus salmoides</i>) y la mojarrita de agallas azules (<i>Lepomis macrochirus</i>); aves como la paloma doméstica (<i>Columba livia</i>) y la garza ganadera (<i>Bubulcus ibis</i>); así como el cestodo parásito <i>Bothriocephalus acheilognati</i> . Se presenta el estudio de caso del hongo patógeno de anfibios <i>Batrachochytrium dendrobatidis</i> .	Dentro de sus propósitos se encuentra establecer la realización de un diagnóstico de la situación de especies exóticas y ferales para elaborar un plan para su control; la realización de campañas de esterilización y control e información de fauna nociva en áreas de alto valor biológico; y la regulación de los proyectos productivos donde estén involucradas especies exóticas para evitar riesgos de impactos adversos
Chihuahua	Se incluye información de las UMA que aprovechan especies exóticas. Se mencionan especies exóticas en la entidad como el sapo <i>Incilius alvarius</i> y el roedor <i>Myocastor coypus</i> ; además, se incluye un listado con peces exóticos.	Tiene como objetivo validar, publicar e implementar un plan de acción para la prevención y control de EEI
Ciudad de México	Se presenta un listado de 123 especies de árboles exóticos, aunque no todos son invasores. Se hace mención de invertebrados exóticos como la abeja europea (<i>Apis mellifera</i>) y el caracol de jardín (<i>Helix aspersa</i>); peces como carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), y aves como la paloma doméstica (<i>Columba livia</i>) y el gorrión doméstico (<i>Passer domesticus</i>). Se presenta un listado con el número de especies exóticas en los zoológicos de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre (DGZVS)	SD
Coahuila	Se incluye información de las UMA que aprovechan 42 especies de fauna exótica. Se incluye un apartado sobre especies invasoras donde se reportan 326 especies. También se presenta un estudio de caso con gramíneas invasoras	SD
Colima	Se incluye un listado actualizado de las especies, para diversos grupos, que habitan en el estado, incluyendo especies exóticas y especies exóticas invasoras	SD

Cuadro 2. Continuación.

Estado	Información dentro del estudio en relación con EEI	Acciones establecidas en la estrategia para controlar y erradicar la presencia de EEI
Durango	Se incluye información de las UMA donde se aprovechan especies introducidas como el wapití (<i>Cervus elaphus</i>). Se mencionan algunas especies de gramíneas exóticas como el zacate primavera (<i>Anthoxanthum odoratum</i>) y el pasto rosado (<i>Melinis repens</i>); aves como la garza ganadera (<i>Bubulcus ibis</i>) y el gorrión doméstico (<i>Passer domesticus</i>); además de mamíferos como la rata (<i>Rattus rattus</i>) y el cerdo europeo (<i>Sus scrofa</i>). Se muestran 13 especies de peces introducidos en la parte media y baja del río Nazas. Se presenta un estudio de caso con la rana toro (<i>Lithobates catesbeianus</i>)	SD
Estado de México	Se mencionan especies de helmintos exóticos como <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> , <i>Pseudocapillaria tomentosa</i> ; peces como la carpa dorada (<i>Carassius auratus</i>), aves (13 especies) y anfibios (p.e. <i>Lithobates catesbeianus</i>), además de perros y gatos	SD
Guanajuato	Se incluye un apartado sobre anfibios y reptiles exóticos, y un estudio de caso con parásitos de peces invasores. Se mencionan algunas especies de peces como la carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), el bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>); así como plantas de la familia Asteraceae y Poaceae	Pretende desarrollar un programa estatal de prevención, control y erradicación de especies invasoras, así como desarrollar una campaña de información sobre las especies invasoras y los riesgos a la biodiversidad local, y establecer un plan estatal para la atención de enfermedades zoonóticas y epizootias
Jalisco	Se incluye información de las UMA que aprovechan especies exóticas; se indica la introducción de EEI de plantas, peces y mamíferos. La contribución titulada <i>Amenazas a la biodiversidad</i> contiene información específica del tema	Tiene por objeto establecer un programa de atención a cuerpos de agua con problemas de especies invasoras, hacer un diagnóstico sobre la presencia e impactos de especies invasoras, así como un plan de acción para prevenir, manejar, controlar y erradicar dichas especies
Michoacán	Se incluye información de las UMA que aprovechan especies exóticas; se mencionan EEI para peces y anfibios; se incluye una contribución sobre el impacto de la introducción de peces plecós (<i>Loricaridae</i>)	Pretende realizar programas compatibles con la conservación de la biodiversidad para la erradicación y control de especies exóticas invasoras; así como establecer un programa permanente de vigilancia y monitoreo para prevenir la invasión de dichas especies
Morelos	Se mencionan EEI para plantas, invertebrados, peces, anfibios, aves y mamíferos	No menciona la existencia de alguna acción directa contra las EEI
Oaxaca	SD	Su objetivo es contar con un listado de especies exóticas e invasoras; implementar mecanismos de alerta temprana; establecer programas de control y capacitación para la identificación de dichas especies

Cuadro 2. Continuación.

Estado	Información dentro del estudio en relación con EEI	Acciones establecidas en la estrategia para controlar y erradicar la presencia de EEI
Puebla	Se señalan algunas especies de peces exóticos como la carpa <i>Cyprinus carpio</i> y la carpa dorada <i>Carassius auratus</i>	Realizar un diagnóstico de las especies invasoras y las susceptibles a erradicar. Diseñar e implementar un programa de prevención, control, erradicación y monitoreo
Quintana Roo	Se incluye información sobre el pez león (<i>Pterois volitans</i> y <i>P. miles</i>) y las acciones realizadas para contrarrestar sus efectos negativos. Se mencionan algunas especies de helmintos exóticos como <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> y <i>Centrocestus formosanus</i>	SD
Veracruz	Incluye un apartado con información sobre EEI en humedales del estado; un apartado con especies invasoras de gramíneas; y número de especies de plantas introducidas (410). Asimismo, se presenta la identificación de 32 especies exóticas de lombrices de tierra y dos de escarabajos; además de algunos peces y aves	Generar un inventario de las especies invasoras y determinar las especies prioritarias para su erradicación. Establecer un programa de control a través de la implementación de mecanismos de alerta temprana
Yucatán	Se mencionan algunas especies de aves, roedores y árboles exóticos. Se incluye información sobre UMA que aprovechan especies exóticas de anfibios, reptiles, aves y mamíferos	SD

SD: Sin datos (actualmente no se cuenta con un estudio/estrategia estatal publicado). Fuente: elaboración propia.

La problemática de las EEI también ha sido abordada en los estudios de estado y las estrategias estatales para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad;² sin embargo, aún es necesario profundizar. Por ejemplo, en varios estudios de estado sólo se menciona la presencia de algunas EEI, careciendo de un listado preciso que evidencie la problemática de la entidad; por su parte, en la mayoría de las estrategias estatales se incluyen planes de acción para controlar y erradicar su presencia (cuadro 2).

Marco estatal

Hidalgo cuenta con un marco normativo ambiental numeroso (cuadro 3). Entre los instrumentos de

legislación ambiental del estado, se encuentra la Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo, la cual, a pesar de tener un alcance amplio, no cuenta con una definición clara o distinción entre especies nativas y exóticas. Dicha ley define como flora y fauna silvestres a las especies vegetales (incluyendo hongos) y animales que se desarrollan libremente en el territorio estatal, incluyendo las poblaciones menores que se encuentran bajo control humano, como los animales domésticos (Congreso del Estado 2015); en este sentido, todas las EEI se consideran especies silvestres. Asimismo, la definición de riesgo ambiental se limita a un material o residuo que se libera o expone al ambiente, y no contempla que las especies mismas pueden generar

² Los estudios y estrategias son parte de la iniciativa denominada Estrategias Estatales de Biodiversidad, la cual tiene el objetivo de contribuir a mejorar las capacidades locales (humanas e institucionales) de planeación y gestión de los recursos biológicos en las entidades federativas de México (CONABIO 2018).

Cuadro 3. Instrumentos jurídicos en el estado que inciden directa o indirectamente sobre la prevención, control o erradicación de EEI.

Ley	Descripción
Ley Apícola para el Estado de Hidalgo (artículos 43 al 50)	Establece todo lo relacionado con el control de la abeja africanizada
Ley de Desarrollo Agrícola Sustentable para el Estado de Hidalgo (artículos 30 al 35)	Establece los mecanismos en materia de sanidad vegetal para reducir los riesgos a la producción agrícola y la salud pública, evitando la entrada de plagas y enfermedades a la entidad, para así fortalecer la productividad agrícola y facilitar la comercialización local, nacional e internacional
Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Hidalgo (artículos 89 al 91)	Aborda la detección, diagnóstico, prevención, control y combate de plagas y enfermedades forestales, así como las medidas a aplicar de conformidad con lo previsto en esta ley, en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y las normas oficiales mexicanas, normas técnicas estatales y demás disposiciones aplicables
Ley de Desarrollo Pecuario para el Estado de Hidalgo (artículos 83 al 97)	Aborda el diagnóstico, detección, prevención, control, erradicación y reporte de enfermedades infecto-contagiosas y plagas que afecten a las especies pecuarias y silvestres, así como su entrada, salida y movilización; además de la aplicación de las medidas contempladas en las normas oficiales mexicanas y otras disposiciones que regulen la declaración de campañas zoonosanitarias para el diagnóstico, control y erradicación de enfermedades; también se promueve la declaratoria de cuarentena cuando exista riesgo de brotes epizooticos con el propósito de evitar la difusión de la enfermedad
Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable para el Estado de Hidalgo (artículos 74, 108 al 124)	Establece los requerimientos necesarios para la autorización de la introducción de especies no nativas a cuerpos de agua de la región; así como las campañas de prevención, diagnóstico y control sanitario para proteger los recursos pesqueros y acuícolas de plagas y enfermedades
Ley de Protección y Trato Digno para los Animales en el Estado de Hidalgo (artículo 66)	Establece los requerimientos a cumplir para la posesión de fauna exótica

Fuente: elaboración propia con información de Congreso del Estado 2005, 2006a, b, c, 2015a, b.

un riesgo ambiental. Esta situación permite que exista un vacío legal importante de cómo tratar a las EEI dentro del marco normativo estatal.

Riesgo de invasión de especies exóticas en el estado

De acuerdo con el Sistema de Información sobre Especies Invasoras (CONABIO 2016b) y a la plataforma Naturalista, en Hidalgo existen registros geore-

ferenciados de al menos 173 especies de plantas exóticas, reportadas principalmente en la zona geográfica correspondiente a Pachuca (apéndice 20); mientras que para animales existen registros de 37 especies (apéndice 21). En las figuras 1 y 2 se muestran los números de EEI en una esquematización del estado, conformada por 331 celdas elaboradas mediante coordenadas geográficas, y cuya extensión individual es de 5' × 5' (equivalente a cuadrantes de aproximadamente 8.7 km por lado).

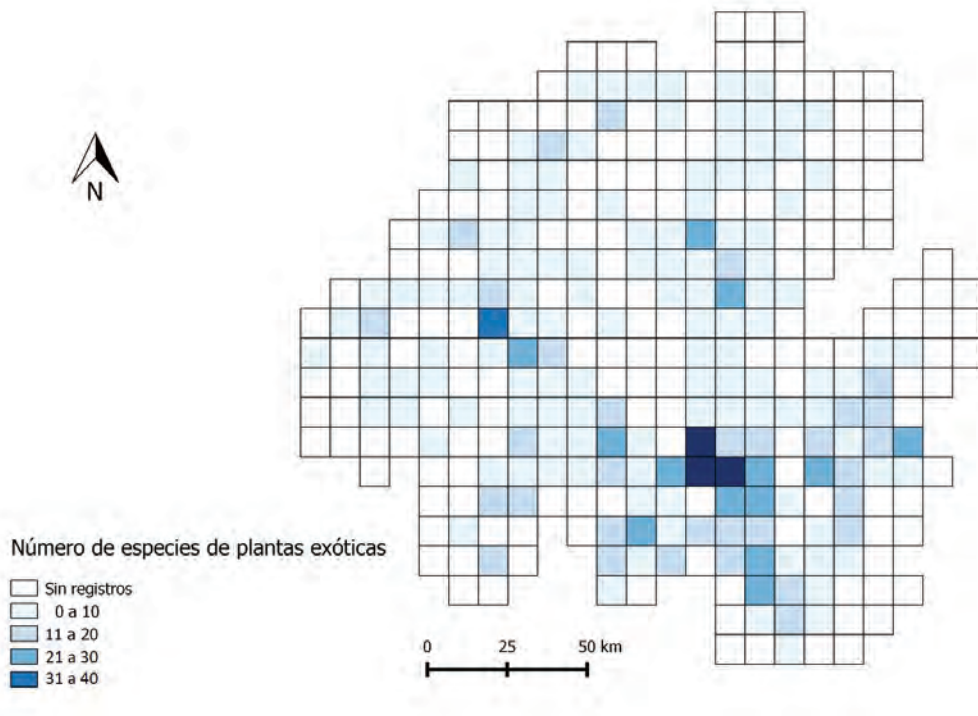


Figura 1. Número de especies de plantas exóticas registradas en la entidad. Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2016b.

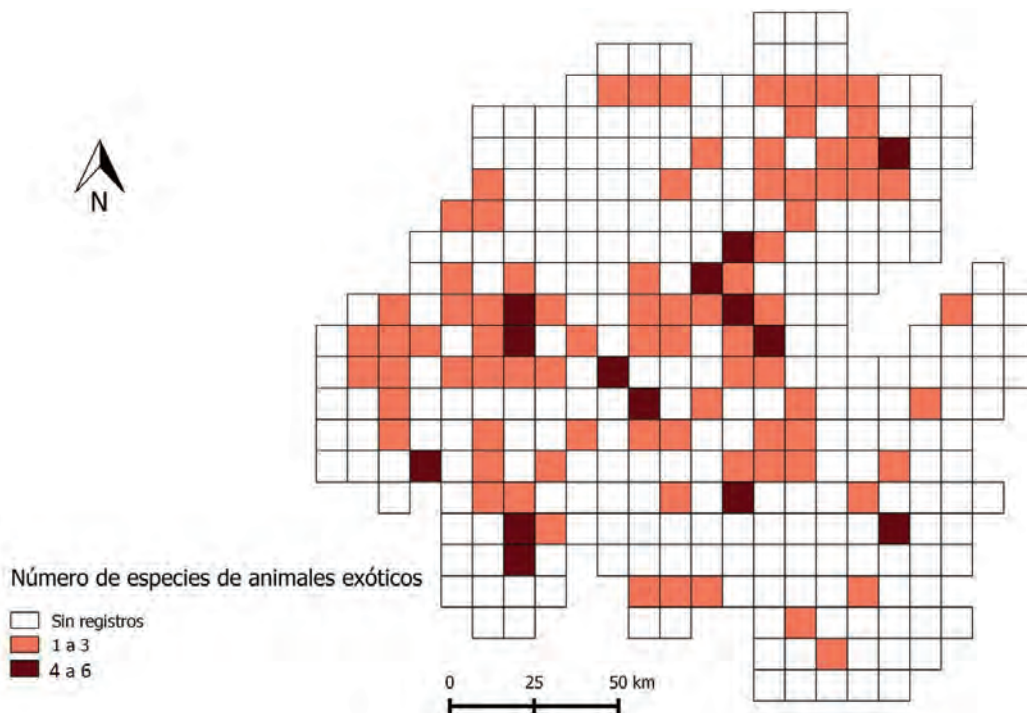


Figura 2. Número de especies de animales exóticos registrados en la entidad. Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2016b.

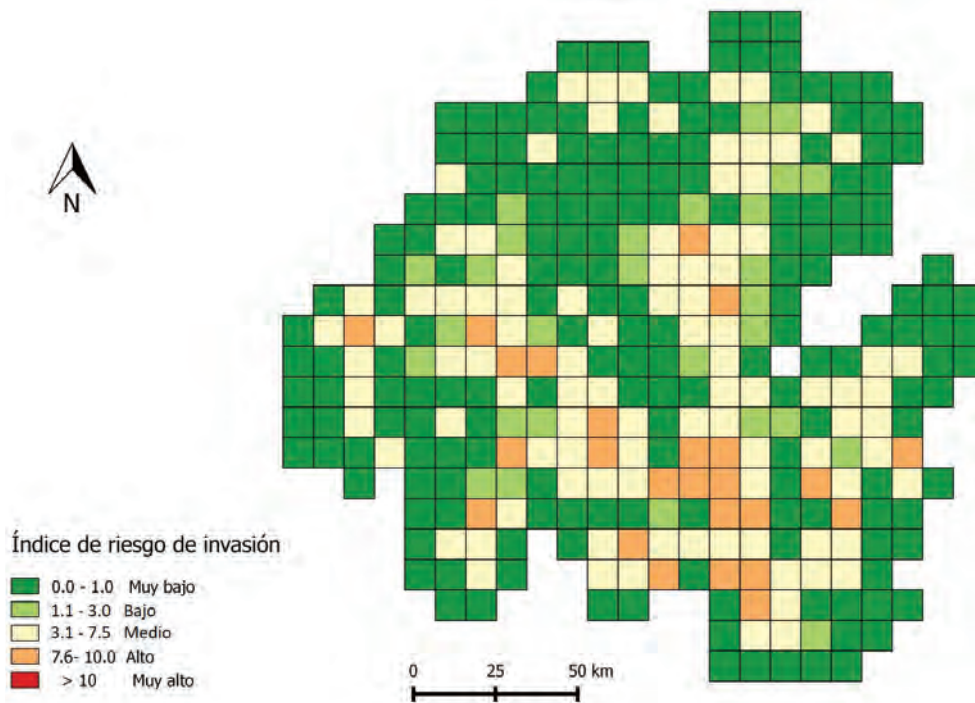


Figura 3. Índice de riesgo de invasión (Salomé-Díaz 2018) en la entidad. Se muestra una esquematización del estado, conformada por 331 celdas elaboradas mediante coordenadas geográficas, y cuya extensión individual es de 5' x 5' (equivalente a cuadrantes de aproximadamente 8.7 km por lado). IR calculado con una variable de importancia μ =cero. Fuente: elaboración propia con datos de CONABIO 2016b.

La estimación del riesgo de invasión de especies exóticas es una herramienta central en la prevención y mitigación de sus costos y consecuencias. Existen características regionales que se correlacionan positivamente con el riesgo de invasión de las especies exóticas (Simberloff y Von Holle 1999, Hobbs 2000), las cuales pueden conjuntarse en índices de riesgo que aportan una medida sobre la propensión de las regiones a las invasiones biológicas.

Uno de estos índices de riesgo es el IR (Salomé-Díaz 2018), el cual ofrece una medida de propensión a la invasión considerando el número de especies exóticas ya presentes en el sitio de interés, el grado de disturbio humano y las especies exóticas potencialmente presentes, ponderadas con una variable de importancia μ , la cual puede tomar valores de cero (las especies exóticas potencialmente presentes no son consideradas en el cálculo del índice) a uno (las especies exóticas potencialmente presentes tienen igual importancia que las especies exóticas presentes). Considerando los registros arriba citados

y empleando el IR, Hidalgo presenta valores de riesgo bajos y altos. Los valores más altos de este índice se distribuyen principalmente en el sur del estado, mientras que los menores valores de riesgo están en el centro, norte e incluso en algunas zonas del sur (figura 3).

Conclusiones

Después de casi una década de la publicación de la *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: prevención, control y erradicación* (CANEI 2010), aún es necesario enfocar esfuerzos para atender adecuadamente esta problemática. Del presente análisis resulta importante destacar la urgencia de abordar la situación estatal de forma inmediata, y considerar la creación de planes que regulen la introducción, el control o la erradicación de estas especies con la finalidad de salvaguardar la biodiversidad del estado.

Los esfuerzos realizados por parte de Hidalgo para contrarrestar los embates de las EEI dentro de

un marco legal presentan vacíos importantes. Uno de ellos, y quizá el principal, es no tener una lista oficial del número de especies exóticas invasoras, así como que la legislación estatal no defina claramente a las EEI y las diferencias de las especies silvestres.

Las estimaciones del riesgo de invasión dependen directamente del número de especies exóticas reportadas; por ello, es importante realizar monitoreos que permitan disminuir el grado de incertidumbre en la estimación de dicho riesgo.

Referencias

- Álvarez-Torres, P. 2014. Legislación y marco normativo internacional. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.). CONABIO, México, pp. 157-168.
- Baker, H.G. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds. En: *The genetics of colonizing species*. H.G. Baker y G.L. Stebbins (eds.). Academic Press, Nueva York, pp. 147-172.
- Blackburn, T.M., F. Essl, T. Evans et al. 2014. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology* 12:e1001850.
- CANEI. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México: prevención, control y erradicación*. CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.
- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas. 1993. En: <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>>, última consulta: enero de 2019.
- Challenger, A. y R. Dirzo. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: *Capital natural de México, vol. III: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 37-73.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 1992. En: <<https://www.cites.org/esp/disc/text.php>>, última consulta: enero 2019.
- CNUMD. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. 1983. En: <http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf>, última consulta: enero 2019.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016a. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (ENBIOMEX) y Plan de Acción 2016 - 2030*. CONABIO, México.
- _____. 2016b. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>>, última consulta: 24 de abril de 2018.
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 2007. *Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables*. Publicada el 24 de julio de 2007 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de abril de 2018.
- Congreso del Estado. 2005. *Ley de Protección y Trato Digno para los Animales en el Estado de Hidalgo*. Publicada el 28 de febrero de 2005 en el Periódico Oficial. Última reforma publicada el 14 de agosto de 2017.
- _____. 2006a. *Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Hidalgo*. Publicada el 7 de agosto de 2006 en el Periódico Oficial. Última reforma publicada el 13 de diciembre de 2010.
- _____. 2006b. *Ley de Desarrollo Pecuario para el Estado de Hidalgo*. Publicada el 3 de julio de 2006 en el Periódico Oficial. Última reforma publicada el 13 de diciembre de 2010.
- _____. 2006c. *Ley de Pesca y Acuacultura Sustentable para el Estado de Hidalgo*. Publicada el 10 de agosto de 2015 en el Periódico Oficial. Texto vigente.
- _____. 2015a. *Ley Apícola para el Estado de Hidalgo*. Publicada el 27 de julio de 2015 en el Periódico Oficial. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2017.
- _____. 2015b. *Ley para la Protección al Medio Ambiente del Estado de Hidalgo*. Publicada el 16 de febrero de 2015 en el Periódico Oficial Estado. Última reforma publicada el 2 de julio de 2018.
- Davis, M.A. 2009. *Invasion biology*. Oxford University Press, Reino Unido.
- Ehrenfeld, J.G. 2010. Ecosystem consequences of biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41:59-80.
- Espinosa-García F.J. y J.L. Villaseñor. 2017. Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1):76-96.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1977. *Convención Internacional de Protección Fitosanitaria*. En: <https://www.ippc.int/static/media/files/publications/es/2013/06/03/1034340753484-spipp-c_201304232117es.pdf>, última consulta: enero 2019.
- GISP. Global Invasive Species Programme. 2007. *Invasive species and poverty: exploring the links*. GISP/SANBI, Sudáfrica.
- Hobbs, R.J. 2000. Land-use changes and invasions. En: *Invasive species in a changing world*. H.A. Mooney y R.J. Hobbs (eds.). Island Press, Washington, D.C., pp. 55-64.
- Hoffmann, B.D. y L.M. Broadhurst. 2016. The economic cost of managing invasive species in Australia. *NeoBiota* 31:1-18.
- Koleff, P. 2017. Conceptos básicos sobre las invasiones biológicas y sus impactos a la biodiversidad. En: *Principales retos*

- que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras. G. Born-Schmidt, F. de Alba, J. Parpal y P. Koleff (coords.). CESOP, México, pp. 13-33.
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resource Institute, Washington, D.C.
- Mendoza-Alfaro, R., P. Koleff-Osorio, F. Espinosa-García y J. Golubov-Figueroa. 2014. La estrategia nacional de especies invasoras. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.). CONABIO, México, pp. 185-207.
- Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez et al. 2007. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70:1-5.
- Molnar, J.L., R.L. Gamboa, C. Revenga y M.D. Spalding. 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6(9):485-492.
- OMC. Organización Mundial de Comercio. 2012. *Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias*. En: <https://www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/spsagr_s.htm>, última consulta: enero de 2019.
- OMI. Organización Marítima Internacional. 2017. *Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques*. En: <[http://www.imo.org/es/about/conventions/listofconventions/paginas/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-\(bwm\).aspx](http://www.imo.org/es/about/conventions/listofconventions/paginas/international-convention-for-the-control-and-management-of-ships'-ballast-water-and-sediments-(bwm).aspx)>, última consulta: enero de 2019.
- Ortiz Monasterio Quintana, A. 2013. Reporte basado en el análisis de la legislación mexicana referente al manejo de EEI. Fortalecimiento de las capacidades nacionales para la gestión de las especies exóticas invasoras (EEI) mediante la implementación de la Estrategia Nacional sobre EEI. Academia Mexicana de Derecho Ambiental A.C./PNUD, México.
- _____. 2014. Gestión de las especies exóticas invasoras: análisis de la legislación mexicana. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.). CONABIO, México, pp. 169-184.
- Ortiz Monasterio Quintana, A., J. Parpal-Servole y G. Born-Schmidt. 2017. Fortalecimiento de las capacidades jurídicas nacionales sobre especies invasoras. En: *Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras*. G. Born-Schmidt, F. de Alba, J. Parpal y P. Koleff (coords.). CESOP, México, pp 57-78.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga y D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 50(1):53-65.
- Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka et al. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84(1):1-20.
- Pimentel, D., R. Zuniga y D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52(3):273-288.
- Pratt, C.F., K.L. Constantine y S.T. Murphy. 2017. Economic impacts of invasive alien species on African smallholder livelihoods. *Global Food Security* 14:31-37.
- Pysek, P. y D.M. Richardson. 2010. Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources* 35:25-55.
- Ruiz-Guerra, B. y N. Velázquez-Rosas. 2016. ¿Qué sabemos de la prevención, control y erradicación de especies invasoras en México? *Bioinvasiones* 1:12-31.
- Sala, O.E., F.S. Chapin III, J.J. Armesto et al. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459):1770-1777.
- Salomé-Díaz, A.J. 2018. *Evaluación de riesgo de invasión de especies exóticas en México con base en datos espacialmente explícitos*. Tesis de maestría en ciencias biológicas. UNAM, México.
- Schindler, S., B. Staska, M. Adam et al. 2015. Alien species and public health impacts in Europe: a literature review. *Neobiota* 27:1-23.
- SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Publicada el 28 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 5 de junio 2018.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Publicada el 25 de febrero de 2003 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 5 de junio de 2018.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 1994. *Ley Federal de Sanidad Vegetal*. Publicada el 5 de enero de 1994 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 26 de diciembre de 2017.
- _____. 2007. *Ley Federal de Sanidad Animal*. Publicada el 25 de julio de 2007 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 16 de febrero de 2018.
- Shaw, R., M. Parr, K. Pollard y F. Williams. 2014. Demonstrating the cost of invasive species to Great Britain. CABI, Reino Unido.
- Simberloff D. y B. Von Holle. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1:21-32.
- Sutherland, S. 2004. What makes a weed a weed: life history traits of native and exotic plants in the USA. *Oecologia* 141:24-39.
- Vitousek, P.M. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57:7-13.
- Williams, F., R. Eschen, A. Harris et al. 2010. *The economic cost of invasive non-native species on Great Britain*. CABI, Reino Unido.
- Zavaleta, E. 2000. The economic value of controlling an invasive shrub. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 29(8):462-467.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ciencia ciudadana para la detección de especies exóticas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Omar Díaz Segura, Jordan Kyril Golubov Figueroa, María Loraine Matias Palafox, Anais Julieta Salomé Díaz, Oscar Sandino Guerrero Eloisa y María Cristina Ramírez Gutiérrez

Introducción

La ciencia ciudadana es un nuevo tipo de producción científica basada en la participación voluntaria de ciudadanos comunes, para generar datos científicos sin tener o poseer conocimientos especializados previos (Finquelievich y Fischnaller 2014). La ciencia ciudadana es una herramienta de gran utilidad para la investigación y la educación, además de que involucra y acerca a las personas a la ciencia. Las razones que motivan la participación de la ciudadanía son múltiples, entre ellas la curiosidad por el conocimiento, la preocupación social, y la utilidad de los proyectos en el entorno y la vida cotidiana, particularmente cuando se enfocan al cuidado del medio ambiente y a la biodiversidad (Prysby y Super 2007, Finquelievich y Fischnaller 2014).

Al ser empleada como una herramienta útil para los monitoreos de biodiversidad, presenta un considerable potencial para contribuir de forma concreta a la producción de conocimiento científico, la educación ambiental y a la conservación (Finquelievich y Fischnaller 2014). Los ciudadanos pueden participar sólo en uno de los pasos del proceso de investigación (como recolectores de datos), o formando parte del proceso completo, involucrándose en la generación de un nuevo conocimiento, lo que promueve en ellos una fuerte apropiación de la responsabilidad de fungir como actores sociales (Newman *et al.* 2012).

En México, la ciencia ciudadana ha adquirido un lugar importante para la generación de conocimiento referente a la biodiversidad, y ha favorecido en gran medida la interacción ciudadano-ambiente. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), desde 2013, ha promovido el uso de la plataforma digital Naturalista, una herramienta que ha favorecido esta interacción, con la participación de más de 40 000 personas que han aportado más de un millón de observaciones, pertenecientes a cerca de 27 000 especies diferentes en México. Para Hidalgo se han reportado 17 300 observaciones, las cuales corresponden a cerca de 1.7% de las observaciones nacionales (Naturalista-CONABIO 2019).

Naturalista y especies exóticas invasoras

El desarrollo del Sistema de Información sobre Especies Invasoras en México (SIEI) y la participación de los ciudadanos, a través de programas innovadores de monitoreo como la plataforma Naturalista, ha hecho posible identificar el número aproximado de especies exóticas y especies exóticas invasoras presentes en Hidalgo (apéndices 20 y 21; véase *Especies exóticas invasoras y sus instrumentos normativos* en esta obra). Dentro de la plataforma Naturalista, el proyecto Especies Exóticas de México considera a todas las especies que la CONABIO determina como exóticas: aquellos organismos que se establecen

Díaz-Segura, O., J. Golubov, Ma.L. Matias Palafox, A.J. Salomé-Díaz, O.S. Guerrero-Eloisa y M.C. Ramírez-Gutiérrez. 2021. Ciencia ciudadana para la detección de especies exóticas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 405-410.

Cuadro 1. Información de los proyectos de la plataforma Naturalista dentro de Hidalgo donde se han reportado especies exóticas.

Proyecto	Observaciones		Especies exóticas reportadas por grupo taxonómico						
	Totales	Especies exóticas	Vegetales	Moluscos	Insectos	Peces	Reptiles	Aves	Mamíferos
BSN	207	3	3	-	-	-	-	-	-
BVM	1 880	132	29	1	1	-	-	7	4
GMCMH	325	9	7	-	-	-	-	-	-
HH	360	1	-	-	1	-	-	-	-
PNEC	1 495	48	17	1	-	1	-	1	-
PNLM	41	0	-	-	-	-	-	-	-
RBBM	3 295	138	25	-	2	1	2	3	5
VEAISPH	97	1	-	-	1	-	-	-	-

BSN: Biodiversidad de la sierra de las Navajas; BVM: Biodiversidad del Valle del Mezquital Ecopil Arte Crea Conciencia A.C.; GMCMH: Geoparque mundial de la UNESCO Comarca Minera, Hidalgo; HH: Huasteca Hidalguense; PNEC: Parque Nacional El Chico; PNLM: Parque Nacional Los Mármoles; RBBM: Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán; VEAISPH: Vectores y especies de artrópodos de importancia para la salud pública de Hidalgo. Fuente: elaboración propia con datos de Naturalista-CONABIO 2019.

fuera de su área de distribución natural, ya sea histórica o actual, y de dispersión potencial, es decir, del área que no podrían ocupar sin la transferencia directa o indirecta por parte del ser humano (Koleff 2017). En este proyecto se cuenta con 41 727 observaciones de 845 especies a nivel nacional. Para el estado se tienen 711 observaciones pertenecientes a 136 especies, lo que corresponde a 1.7% de las observaciones y 16% de las especies reportadas a nivel nacional en dicho proyecto (Naturalista-CONABIO 2019). Además, a nivel estatal existen ocho proyectos que abarcan distintas zonas dentro de Hidalgo, en los que se han reportado especies exóticas para diferentes grupos taxonómicos (cuadro 1).

Las diez especies exóticas más observadas en el estado son: higuera (*Ricinus communis*), bola del rey (*Leonotis nepetifolia*), hierba doncella (*Vinca major*), abeja doméstica (*Apis mellifera*), pirul (*Schinus molle*), gorrión doméstico (*Passer domesticus*), caracol de jardín (*Cornu aspersum*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*), tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) y carrizo gigante (*Arundo donax*). Estas diez especies tienen 329

observaciones que corresponde a 46% de observaciones totales de especies exóticas para el estado (Naturalista-CONABIO 2019).

El caso de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) se ubica en la parte central del estado y comprende ocho municipios: Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de Ángeles. Abarca 4.6% de la superficie total del estado, con una extensión de 96 042.94 ha y cuenta con cuatro zonas núcleo (figura 1). La conforma una importante diversidad de ecosistemas como bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, matorral submontano, matorral xerófilo, pastizal y vegetación ribereña; mismos que albergan una gran diversidad de flora y fauna silvestres de importancia para diferentes sectores (p.e. biológico, científico, económico, social y cultural; CONANP 2003).

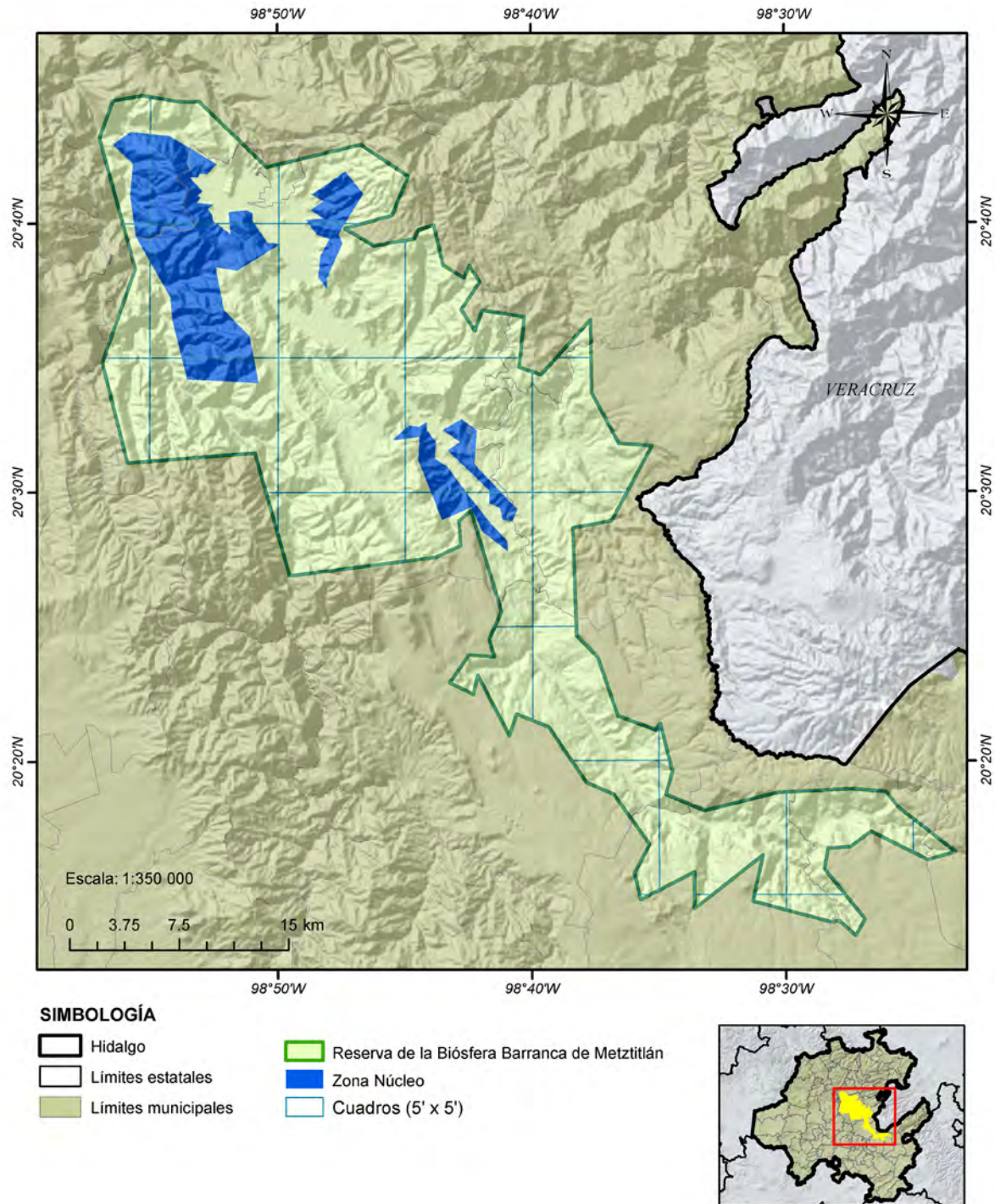


Figura 1. La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán ocupa el décimo noveno lugar en cuanto a superficie de las reservas nacionales (CONANP 2003). Fuente: elaboración propia con información de CONANP 2017.

En el programa de manejo de la RBBM se enlistan 465 especies vegetales agrupadas en 270 géneros y 83 familias. Entre las familias más representadas se encuentran Asteraceae (44 géneros y 70 especies), Cactaceae (17 géneros y 57 especies) y Fabaceae (22 géneros y 42 especies). De la fauna de vertebrados registrada (271 especies), 1.5% son peces de las familias Poeciliidae, Cichlidae y Cyprinidae; 1.8% anfibios de las familias Ranidae, Bufonidae, Pelobatidae, Leptodactylidae y Hylidae; 9.2% son reptiles de las familias Viperidae, Colubridae y Elapidae; 69.6% son especies de aves que comprenden 37 familias (Anatidae, Emberizidae y Tyrannidae las más comunes); y 17.8% son mamíferos de las familias Vespertilionidae, Leporidae, Sciuridae, Heteromyidae, Cricetidae, Felidae, Canidae, Procyonidae, Mustelidae, Didelphidae, Phyllostomidae, Molossidae, Dasypodidae, Mormoopidae, Natalidae y Desmodontidae (CONANP 2003).

Actualmente, uno de los grandes retos para las autoridades a cargo del cuidado de esta área natural protegida (ANP) es conocer con precisión el número de especies exóticas y exóticas invasoras presentes en el polígono de la reserva, pues éstas representan uno de los principales factores de presión para las especies nativas y endémicas, muchas de las cuales se encuentran catalogadas como sujetas a protección especial (Pr), amenazadas (A) o en peligro de extinción (P) dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Entre las especies exóticas identificadas en la reserva por la CONANP (2003), se encuentran sábila (*Aloe vera*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), higuera (*Ricinus communis*), paraíso (*Melia azedarach*) y pasto pimentillo (*Cyperus rotundus*), así como ratón común (*Mus musculus*), gorrión común (*Passer domesticus*) y paloma bravía (*Columba livia*). Por su parte, de acuerdo al SIEI, el número de especies exóticas para la RBBM se ha triplicado, pues ahora se cuenta con 32 especies (18 especies reportadas como invasoras; apéndice 22), de las cuales 16 son animales (dos insectos, ocho peces, cinco aves y un mamífero) y 16 plantas (10 dicotiledóneas y seis monocotiledóneas; figura 2).

Aunque la información sobre la presencia de estas especies ha aumentado, la cantidad de registros para la RBBM aún son limitados, por lo que sería de gran importancia que las autoridades a cargo del

ANP impulsen el desarrollo de ciencia ciudadana, la cual ha sido de gran importancia para el incremento del número de registros de estas especies. Asimismo, resulta urgente crear planes de manejo, control o erradicación de especies exóticas invasoras en la RBBM, e implementar un control o monitoreo de la introducción de estas especies en las zonas núcleo.

Conclusiones

La información sobre la cantidad de especies exóticas en el ANP es valiosa, pues además de dar luz sobre los factores de presión existentes sobre su biodiversidad, puede ser incluida en los programas de manejo con el fin de crear estrategias de acción que atiendan la introducción, el control y la erradicación de este tipo de especies. Además, es necesaria la implementación de un monitoreo para registrar con precisión la cantidad y distribución de este tipo de especies, lo que permitirá una apreciación más robusta sobre los riesgos.

Las ANP podrían reducir los daños que causan las especies exóticas invasoras implementando estrategias eficaces para su manejo. Éstas deben incluir la participación de sus habitantes mediante ciencia ciudadana, lo que implica que se involucren con el uso de tecnologías accesibles como la plataforma Naturalista, lo que les permitirá, además de conocer su riqueza natural, empoderarse de su resguardo.

Agradecimientos

El manuscrito forma parte del proyecto GEF-PNUD-CONABIO 00089333 "Fortalecer las capacidades de México para manejar especies invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional Sobre Especies Invasoras". Se agradece a Patricia Koleff Osorio, Ana Isabel González Martínez y Yolanda Barrios Caballero de la CONABIO, quienes amablemente proporcionaron información del SIEI. Este documento contiene información del estudio doctoral de Omar Díaz Segura y Oscar Sandino Guerrero Eloisa, estudiantes del doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. También contiene información del estudio de maestría de Julieta Salomé Díaz y Cristina Ramírez Gutiérrez, estudiantes

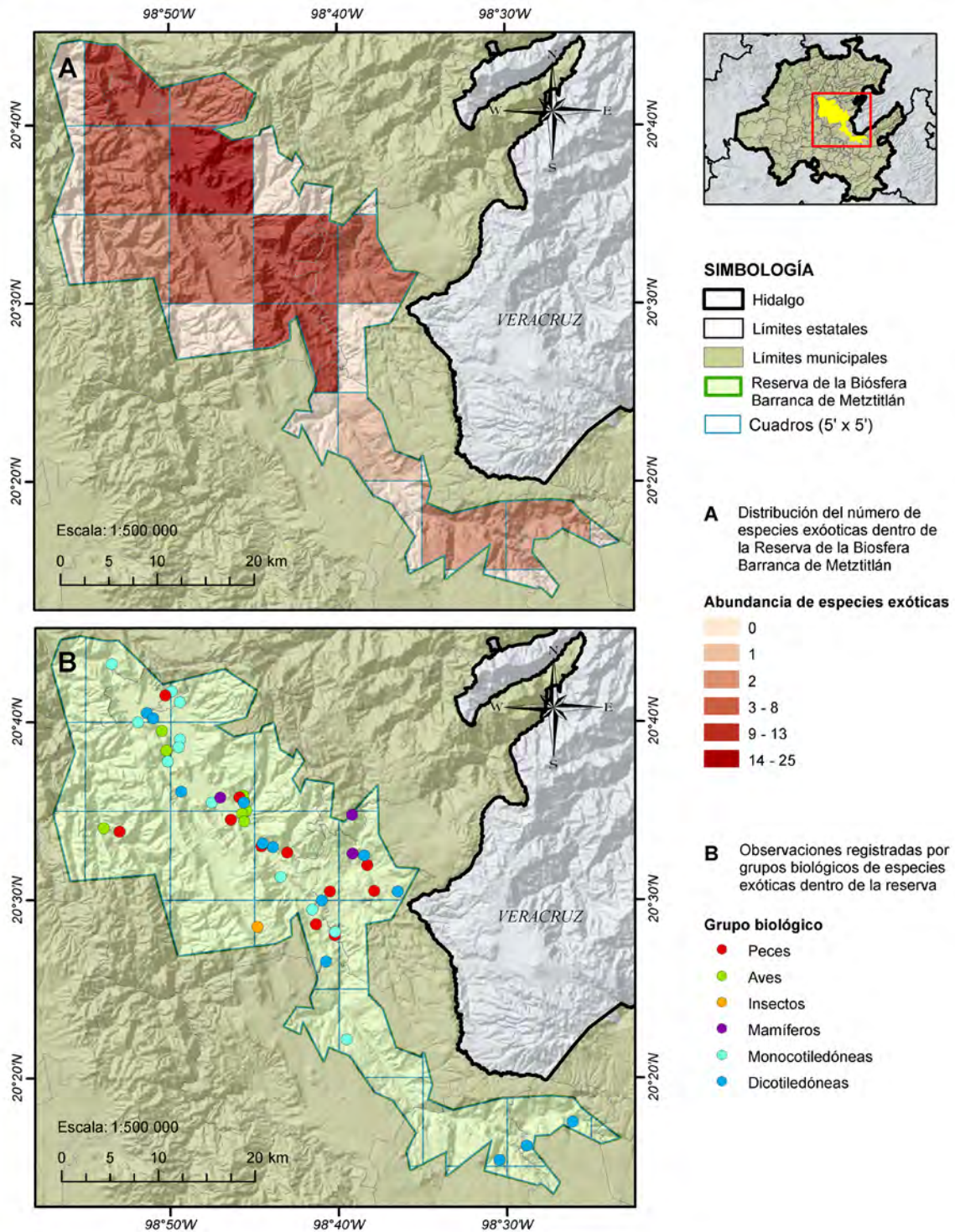


Figura 2. a) Distribución del número de especies exóticas dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán; b) observaciones registradas por grupo biológico de especies exóticas dentro de la reserva. Se muestra el área natural protegida dividida en celdas (elaboradas mediante coordenadas geográficas), cuya extensión individual es de 5' x 5' (equivalente a cuadrantes de aproximadamente 8.7 km por lado). Fuente: elaboración propia con información de CONABIO 2016, CONANP 2017, NaturaLista-CONABIO 2018.

de la maestría en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional Autónoma de México. Un agradecimiento especial a Leonardo Fernández Badillo,

Jorge Cruz Medina y Esteban Benítez Inzunza por la revisión y las aportaciones realizadas para el mejoramiento de este manuscrito.

Referencias

- CONABIO. 2016. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>>, última consulta: 24 de abril de 2018.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, México*. SEMARNAT, México.
- _____. 2017. *Buscador de datos por área natural protegida*. En: <<http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/>>, última consulta: enero de 2019.
- Finquelievich, S. y C. Fischnaller. 2014. Ciencia ciudadana en la sociedad de la información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* 9(27):11-31.
- Koleff, P. 2017. Conceptos básicos sobre las invasiones biológicas y sus impactos a la biodiversidad. En: *Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras*. G. Born-Schmidt, F. de Alba, J. Parpal y P. Koleff (coords.). CESOP, México, pp. 13-33.
- NaturaLista-CONABIO. 2018. *Búsqueda de observaciones a 2018*. En: <<https://www.naturalista.mx/observations>>, última consulta: abril de 2018.
- _____. 2019. *Búsqueda de observaciones a 2019*. En: <<https://www.naturalista.mx/observations>>, última consulta: enero de 2019.
- Newman, G., A. Wiggins, A. Crall *et al.* 2012. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(6):298-304.
- Prysbly, M. y P. Super. 2007. *Director's guide to best practices programming-citizen science*. Association of nature center administrators, Estados Unidos.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.



Factores que amenazan la biodiversidad de anfibios y reptiles

Aurelio Ramírez Bautista, Uriel Hernández Salinas, Raciél Cruz Elizalde y Christian Said Berriozabal Islas

Introducción

La biodiversidad se encuentra amenazada por diversos factores antrópicos como la tala inmoderada, el cambio de uso del suelo, la fragmentación de hábitats y el calentamiento global (Primack *et al.* 2001). Lo anterior propicia la degradación acelerada de los ecosistemas, y la desaparición de un gran número de especies vegetales y animales (Primack *et al.* 2001). El efecto antrópico sobre la tasa de extinción se ha intensificado en las últimas cuatro décadas, particularmente sobre los vertebrados (Reid y Miller 1989, Primack *et al.* 2001, Berriozabal-Islas *et al.* 2018).

Paradójicamente, la diversidad de la herpetofauna (anfibios y reptiles) registrada para México ha aumentado en los últimos 15 años, de modo que se reportan 378 especies de anfibios y 849 reptiles (cuadro 1; Wilson *et al.* 2013a, b); no obstante, este aumento se debe al hallazgo de nuevas especies distribuidas en ambientes de poca accesibilidad (incremento en el esfuerzo de recolecta) y a un mayor análisis de descripción por parte de especialistas. Por lo tanto, muchas especies aún no descritas se encuentran en vías de extinción debido a las actividades humanas sobre los ecosistemas (Primack *et al.* 2001).

Para el caso de Hidalgo, se reportan 54 especies de anfibios y 140 de reptiles (cuadro 1), y continuamente se realizan nuevos registros para las provincias biogeográficas Sierra Madre Oriental, Altiplano Mexicano, Faja Volcánica Transmexicana y Golfo de México, en regiones que han sido poco exploradas

(Hernández-Salinas 2009, Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Badillo-Saldaña *et al.* 2015, Berriozabal-Islas *et al.* 2015).

El presente capítulo se basa en el trabajo sobre los anfibios y reptiles de Hidalgo generado durante más de 14 años (ver Ramírez-Bautista *et al.* 2014), en relación con las especies más vulnerables a la extinción local por actividades antrópicas. Se resalta la importancia ecológica del grupo y el efecto de la acelerada transformación de los ecosistemas (Ramírez-Bautista *et al.* 2017), principalmente por el cambio de uso del suelo, el comercio ilegal, los usos y percepciones, la introducción de especies exóticas y las enfermedades emergentes (Ramírez-Bautista *et al.* 2009).

Importancia

Los anfibios y reptiles se consideran especies bioindicadoras debido a que pueden representar, con bastante precisión, la calidad y salud del ambiente en el que viven. Los reptiles son considerados eslabones tróficos de suma importancia, pues sirven de alimento para otros organismos como aves y mamíferos. Además, las lagartijas son un grupo funcional indispensable en los ambientes que habitan, ya que son controladores de las poblaciones de insectos, lo que genera altos beneficios sociales y ambientales. Sin embargo, la diversidad de la herpetofauna (particularmente los anfibios) disminuye a mayor velocidad que en otros grupos de animales, a causa de la combinación de los factores

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde y C. Berriozabal-Islas. 2021. Factores que amenazan la biodiversidad de anfibios y reptiles. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 411-420.

Cuadro 1. Número de especies de anfibios y reptiles presentes en México e Hidalgo.

Clase	Orden	México		Hidalgo	
		Número de especies	Especies endémicas ¹	Número de especies ¹	Especies endémicas ²
Amphibia	Caudata	139	111 (80)	15 (11)	14
	Anura	237	139 (59)	39 (16)	21
	Gymnophiona	2	1 (50)	0	0
Reptilia	Testudines	48	18 (38)	6 (13)	3
	Sauria	413	264 (64)	44 (11)	25
	Serpentes	385	203 (53)	89 (23)	42
	Crocodylia	3	0	1 (33)	0
Total		1 227	736 (60)	194 (16)	105

¹ Los valores entre paréntesis en esta columna indican el porcentaje respecto al total nacional. ² Especies endémicas a México con distribución en Hidalgo. Fuente: Wilson *et al.* 2013a, b, Ramírez-Bautista *et al.* 2014.

señalados previamente. La desaparición de herpetofauna en el ecosistema conlleva al aumento de las poblaciones de sus presas, lo que causa un desequilibrio tanto en la capacidad de carga del ambiente como en la dinámica poblacional de otras especies (Beschta y Ripple 2009, Ritchie y Johnson 2009).

Fragmentación y cambio de uso del suelo

La fragmentación del paisaje y el cambio de uso del suelo son dos de los principales factores que originan pérdida del hábitat, y representan importantes amenazas a la diversidad al causar la extinción local y regional de especies. La construcción de vías de comunicación como carreteras (federales y urbanas), entre otras obras de infraestructura, son algunas de las principales causas de fragmentación de las poblaciones de anfibios y reptiles, lo que ocasiona que la reproducción se lleve a cabo entre pocos integrantes de una misma población (endogamia), y por lo tanto, la pérdida de la variedad de sus características heredables (diversidad genética; Altieri

y Anderson 1992, Primack *et al.* 2001). Este proceso genera la reducción del tamaño efectivo de la población,¹ lo que podría ocasionar severos daños a las características de la historia de vida (p.e. reproducción, cuidado parental) de las poblaciones (Serna-Lagunes y Díaz-Rivera 2011), particularmente para las especies endémicas (aquellas que solo habitan áreas específicas), ya que la persistencia de endogamia favorece la extinción de poblaciones aisladas (Allendorf *et al.* 2014).

En ambientes húmedos y templados de montaña, que son los entornos con la mayor riqueza de especies de salamandras, la fragmentación ocasiona su extinción local por falta de refugios y sitios adecuados para la reproducción (Ramírez-Bautista *et al.* 2014). Por su parte, las especies consideradas como raras (p.e. la culebra *Chersodromus rubriventris*, figura 1), que han sido desplazadas de sus hábitats a causa de la fragmentación, suelen ser más vulnerables a la extinción (ya que son más sensibles a los cambios ambientales) en comparación con las especies abundantes (p.e. las lagartijas *Sceloporus grammicus* y *S. spinosus*), que toleran sus efectos y

¹ Se refiere al tamaño de una población ideal que presentaría la misma cantidad de desviaciones genéticas de manera aleatoria que la población real.



Figura 1. Culebra *Chersodromus rubriventris* en Chilijapa, Tepehuacán de Guerrero. Foto: Christian Berriozabal Islas.



Figura 2. Rana *Lithobates berlandieri* en Agua Zarca, Tenango de Doria. Foto: Uriel Hernández Salinas.

pueden vivir en zonas completamente alteradas por el ser humano.

El cambio de uso del suelo relacionado con la urbanización también ha afectado diversas poblaciones de anfibios. En la periferia de la ciudad de Pachuca, en 2006, se podían encontrar cuerpos de agua temporales (en época de lluvias), en los que se observaban anfibios como sapitos (*Spea multiplicata*), ranas (*Lithobates berlandieri*, figura 2) y ajolotes (*Ambystoma velasci*, figura 3), además de reptiles como lagartijas (*S. spinosus*, figura 4; *S. grammicus*, figura 5), culebras (*Pituophis deppei*) y serpientes de cascabel (*Crotalus aquilus*; Ramírez-Bautista *et al.* 2014); todos ellos actualmente son escasos. Estas extinciones locales a nivel poblacional también se han reportado en el Parque Nacional El Chico, en la rana de árbol *Plectrohyla robertsonum* (Rabb y Mossiman 1955). El calentamiento global ha generado la desecación de una importante cantidad de cuerpos de agua estacionales y permanentes, lo que pone en riesgo a especies que pasan alguna parte de su ciclo de vida en ellos.

Comercio ilegal

A menudo la preservación de la biodiversidad entra en conflicto con otras necesidades humanas, así el fenómeno de la pobreza, presente en diversas zonas rurales de Hidalgo, lleva a la población a la extracción de recursos naturales. En el caso de la herpetofauna, la extracción ilegal ha ocurrido durante décadas en diferentes regiones del estado;

algunos reptiles como las tortugas *Kinosternon herrerae* y *K. hirtipes*, y anfibios como el ajolote *A. velasci* son comercializadas en mercados de la ciudad de Pachuca por personas provenientes de zonas rurales (Ramírez-Pérez 2008). Lo mismo ocurre con las ranitas arborícolas (familia Hylidae), que son traficadas como mascotas. Esta extracción excesiva de anfibios y reptiles con fines de comercialización puede reducir rápidamente sus poblaciones a nivel local.

Colectas científicas

Lamentablemente no existe un mecanismo de vigilancia permanente para inspeccionar el número de individuos de cada especie que se recolecta con fines científicos. Cabe mencionar que, si esta actividad no se realiza con un sentido ético, el recolector científico puede contribuir a la disminución de las poblaciones silvestres de estos organismos. En este contexto, es importante fortalecer los mecanismos institucionales que regulan las colectas con fines de estudio; además, deben fomentarse buenos hábitos durante las prácticas de campo de las diferentes escuelas (específicamente para biología), de modo que se recolecte lo mínimo posible.

Usos y percepciones

La conservación de los recursos naturales está fuertemente vinculada con las creencias religiosas y filosóficas establecidas por los diversos grupos humanos frente a la naturaleza. En ocasiones, tales creencias



Figura 3. Larva de ajolote *Ambystoma velasci* en Cuautepec de Hinojosa. Foto: Uriel Hernández Salinas.



Figura 4. Lagartija macho *Sceloporus spinosus*, en Atotonilco de Tula. Foto: Diego Juárez Escamilla.

han sido un factor negativo para la conservación de especies. En Hidalgo, como en otros sitios de México, muchas personas consideran que los anfibios son venenosos o pueden ocasionar enfermedades (principalmente los sapos, figura 6), por lo que muchos individuos son sacrificados.

En el caso de los reptiles, en algunas localidades del municipio Mineral del Chico y en la ciudad de Pachuca, se ha escuchado decir que si una persona es orinada por un camaleón (*Phrynosoma orbiculare*), ésta puede perder la vista. Otro ejemplo es el caso de la lagartija escorpión (*Barisia imbricata*), que en muchas áreas rurales se considera erróneamente como venenosa, al igual que la lagartija *Plestiodon lynxe*, la cual se cree que inyecta veneno por la cola. Además, se ha reportado en localidades de los municipios El Arenal y Actopan que la carne de serpientes de cascabel es efectiva para curar el cáncer, por lo que son recolectadas para secar y triturar su carne hasta obtener una especie de harina, empleada para la fabricación de píldoras. Estas especies tienen un papel muy importante en los ecosistemas como depredadores, por lo que el desconocimiento y uso irracional de este recurso puede llevar a la disminución de sus poblaciones y, con ello, al desequilibrio ecológico.

Especies exóticas

La distribución de las especies animales y vegetales está restringida por barreras ambientales (latitud, altitud, temperatura, precipitación), ecológicas

(alimento, hábitat, vegetación) y físicas (desiertos, islas, lagos, montañas). Este aislamiento geográfico ha sido clave en los procesos evolutivos de las diferentes especies del mundo (Primack *et al.* 2001). Sin embargo, el comportamiento del ser humano ha alterado fuertemente este patrón al transportar especies de un lugar a otro con fines diversos (p.e. medicinales, comerciales, ornamentales), lo que genera un fuerte desequilibrio en las poblaciones y comunidades nativas.

En Hidalgo, existen especies no nativas difíciles de erradicar (llamadas especies exóticas invasoras), como los anfibios *Rhinella horribilis* y *Lithobates catesbeianus*, los cuales generan graves problemas en los sitios que invaden, ya que se alimentan de huevos, renacuajos, larvas y adultos de anfibios; así como de reptiles adultos (culebras, lagartijas) y mamíferos pequeños (ratones), disminuyendo drásticamente las poblaciones de especies nativas y provocando la pérdida de biodiversidad regional y estatal (González *et al.* 2014).

Enfermedades emergentes

Los anfibios presentan una historia de vida compleja, que incluye una etapa larvaria acuática y una adulta de vida terrestre, haciéndolos vulnerables a alteraciones ambientales producidas en ambos medios, así como a enfermedades. Un ejemplo es la quitridiomycosis, enfermedad causada por el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*, que afecta la piel de los anfibios y provoca su muerte (Mendoza-



Figura 5. Lagartija macho *Sceloporus grammicus* en Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo. Foto: Uriel Hernández Salinas.



Figura 6. Sapo *Rhinella horribilis* (especie erróneamente considerada como venenosa) en el municipio Chapulhuacán. Foto: Uriel Hernández Salinas.

Almeralla *et al.* 2015). A su vez, el parasitismo ha diezmando las poblaciones de reptiles a nivel local y mundial (Stuart *et al.* 2008).

A pesar de que en Hidalgo no se ha observado evidencia de que las poblaciones de anfibios sean afectadas por enfermedades asociadas a vectores, en el Parque Nacional El Chico, investigaciones por parte del grupo de trabajo del primer autor de este capítulo, han reportado (con una frecuencia baja) ausencia o malformaciones de las extremidades traseras en la rana de árbol *Dryophytes plicatus* (Aguillón-Gutiérrez *et al.* 2018). Según los investigadores, estas malformaciones podrían deberse a un leve entrecruzamiento parental o algún factor externo, como el plomo transportado por los vehículos o el uso de insecticidas o fertilizantes en áreas de cultivos cercanas al parque. En el caso de los reptiles, se ha logrado comprobar que diversos trematodos parasitan a las lagartijas del género *Sceloporus*; sin embargo, no se conoce si estos parásitos han invadido otras especies o poblaciones, o si su efecto ha disminuido los tamaños poblacionales (Bursey y Goldberg 1991, Monks *et al.* 2008).

Como medida precautoria para mantener lo más saludables posible las poblaciones de anfibios y reptiles, es recomendable no liberar especies en sitios donde no han sido reportadas previamente, ya que podrían presentar agentes infecciosos que

se activan cuando el hospedero es liberado en un ambiente nuevo (Montali 1999, Stuart *et al.* 2008). Otra medida importante es que los investigadores encargados del monitoreo de los anfibios y reptiles utilicen recipientes individuales y sacos de manta previamente desinfectados para almacenar temporalmente a los individuos capturados, así como limpiar con desinfectante todo el equipo de campo, principalmente las botas, antes y después de introducirse a los cuerpos de agua; de esta forma se reduce la posibilidad de infección de nuevas poblaciones de anfibios y reptiles.

Especies vulnerables a la extinción y endemismos

En Hidalgo se presenta un número elevado de especies endémicas a México y vulnerables (Ramírez-Bautista *et al.* 2014), como la rana de la huasteca *Lithobates johni* (figura 7). Ésta se distribuye exclusivamente en la región centro de la Sierra Madre Oriental, requiere de cuerpos de agua con suficiencia de oxígeno para reproducirse (Ramírez-Bautista *et al.* 2014, Hernández-Austria *et al.* 2015) y se encuentra en peligro de extinción según la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Otros anfibios, tales como las salamandras *Chiropterotriton arboreus*,² *C. chondrostega*,²

² Especie sujeta a protección especial conforme a la NOM-059.



Figura 7. *Lithobates johni* en Coxhuacan, Molango. Foto: Uriel Hernández Salinas.



Figura 8. *Isthmura gigantea* en Chilijapa, Tepehuacán de Guerrero. Foto: Christian Berriozabal Islas.

C. dimidiatus,² *C. chico*,³ *C. mosaueri*,^{2,3} *C. multidentatus*,² *C. terrestris*, *Isthmura gigantea* (figura 8) e *I. bellii*,⁴ que habitan regiones restringidas y altas de la Sierra Madre Oriental, se encuentran en peligro latente de desaparecer a causa de la deforestación. En el caso de los reptiles, la serpiente *Chersodromus rubriventris*,⁵ sujeta a protección especial conforme a la NOM-059 (figura 1), habita ambientes de bosque mesófilo de montaña, los cuales son talados sin control para transformarlos en potreros o cultivos (Ramírez-Bautista *et al.* 2014). Cabe destacar que en Hidalgo los anfibios están representados por 19 especies de amplia distribución y 35 endémicas; mientras que, para el caso de los reptiles, 70 especies son endémicas al país, y otras 70 son no endémicas (cuadro 1).

Estrategias de conservación

Debido a que en el estado existen áreas con un alto número de endemismos y grandes poblaciones (característica por la que estos sitios pueden ser considerados *hotspots*), durante décadas se han realizado esfuerzos por mantener y procurar la conservación de esta diversidad biológica. Hasta 2019, se han decretado 35 áreas naturales protegidas (ANP) federales, estatales y municipales (cuadro 2), donde ha sido posible registrar 19 especies de anfibios y 43

de reptiles (Ramírez-Bautista *et al.* 2014). No obstante, la conservación biológica ha sido afectada por intereses sociales y económicos de grupos reducidos, así como por políticas públicas que no tienen como prioridad la preservación o mejora de la integridad de los ecosistemas, por lo que algunas ANP continúan siendo deforestadas para la elaboración de carbón de encino, especialmente en localidades cercanas a la Reserva Privada Finca Tegalome en Tlanchinol, y en el Parque Nacional Los Mármoles (Carrillo *et al.* 2011). Este último, en la región norte del estado, es parte del área de distribución de jaguar (Morales-García *et al.* 2015).

Otra área en la que se debe poner especial atención es en el Parque Nacional El Chico, ya que es visitada por una gran cantidad de personas que acuden a sus bosques y zonas de recreación para acampar y descansar. Lamentablemente, la falta de educación ambiental ha generado que se acumulen grandes cantidades de basura en cuerpos de agua, arroyos y en el interior del bosque, a pesar de que existen contenedores y señalamientos municipales para colocar los desechos. Lo anterior reduce el hábitat disponible para diversos grupos biológicos; de no atenderse con la seriedad que implica, generará una pérdida acelerada de la biodiversidad.

³ Especie endémica a Hidalgo.

⁴ Especie amenazada conforme a la NOM-059.

⁵ Especie que desde su descripción, hace más de 65 años, no se había vuelto a reportar para el estado (Ramírez-Bautista *et al.* 2014).

Cuadro 2. Áreas naturales protegidas en Hidalgo con jurisdicción federal (F), estatal (E) y municipal (M).

Área natural protegida	Superficie (ha)	Municipio	Decreto
Parque Ecológico Cubitos	90.45	Pachuca de Soto	E
Parque Estatal Bosque El Hiloche	99.88	Mineral del Monte	E
Reserva Privada Finca Tegolome	6.00	Tlanchinol	M
Reserva Privada El Zoológico	9.46	Tepeji del Río de Ocampo	E
Mixquiapan	80.98	Acatlán	E
La Lagunilla	28.37	Singuilucan	E
El Campanario	41.50	Cuautepec de Hinojosa	E
Cascada de Cuatenahualt	17.64	Huautla	E
Cerro El Aguacatillo	44.86	Chapulhuacán	E
Cerro La Paila-El Susto	11.98	Singuilucan	E
Cerro La Paila-Matías Rodríguez	24.27	Nopala de Villagrán	E
Cerro Nopala y La Estancia	1 753.75	Apan	E
Alcantarillas	911.39	Apan	E
Cocinillas	77.80	Apan	M
La Gloria	59.58	Apan	M
Tezoyo	43.40	Almoleya	M
Coatlaco	231.80	Almoleya	M
Rancho Nuevo	627.61	Singuilucan	M
San Mateo Tlajomulco	484.36	Tepeapulco	M, E
Matías Rodríguez	1 068.66	Huichapan	E
Bondojito	67.97	Huichapan	E
Dandhó	30.00	Huichapan	E
Dothí	20.00	Huichapan	E
Mamithí	10.00	Huichapan	E
Zóthe	20.00	Huichapan	E
La Cañada Huixcazdha	234.00	Huichapan	M
Rancho Huixcazdha	392.00	Huichapan	M
La Laguna	115.00	Huichapan	M

Cuadro 2. Continuación.

Área natural protegida	Superficie (ha)	Municipio	Decreto
Rancho Ñathu	216.06	Huichapan	E
Arroyo Nogales	164.37	Huichapan	E
Cruz de Plata	399.82	Atotonilco El Grande	E
Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán	96 042.90	Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de Ángeles	F
Parque Nacional El Chico	2 739.00	Mineral del Chico	F
Parque Nacional Los Mármoles	23 150.00	Zimapán, Jacala de Ledezma, Pacula y Nicolás Flores	F
Parque Nacional Tula	99.50	Tula de Allende	F
Total	129 414.50		

El total de la superficie conformado por las ANP de Hidalgo representa 1.3% de la superficie prioritaria de conservación en el estado. Fuente: Cano *et al.* 2016, CONANP 2017.

Un grupo de anfibios que puede ser utilizado como especie bandera como parte de un plan de protección y conservación de un área natural, es el de los pletodóntidos (salamandras). Estos habitantes de los bosques templados de montaña (bosque de pino, pino-encino y mesófilo), presentan una gran diversidad y endemismos en la Sierra Madre Oriental dentro de Hidalgo (Ramírez-Bautista *et al.* 2014). Otro ejemplo son las serpientes de cascabel del grupo *triseriatus*, que habitan ambientes de montaña a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana. Ambos grupos de especies están amenazadas, debido a que su hábitat o nicho (sitio donde un individuo vive y obtiene todo lo necesario para sobrevivir: alimento, pareja, hogar) se encuentra fuertemente fragmentado y alterado por procesos de origen antropogénico.

Para proponer estrategias efectivas para la conservación de los anfibios y reptiles en Hidalgo, es esencial contar con conocimientos básicos sobre su distribución, el comportamiento de sus poblaciones

y su biología. A partir de este conocimiento se podrían actualizar las listas de especies registradas bajo las categorías de protección de la legislación ambiental nacional e internacional. La identificación de las especies y poblaciones en peligro de desaparecer permitirá generar estrategias para su conservación.

Conclusiones

La disminución de cuerpos de agua temporales y áreas con vegetación original ha afectado a muchas poblaciones de anfibios y reptiles (especialmente en zonas urbanas), y ha tenido consecuencias irreversibles sobre la biodiversidad. Las estrategias para la conservación de este grupo requieren la cooperación de las instituciones dedicadas a la preservación del ambiente, el apoyo de gobiernos municipales, estatales y federales, y el respaldo ciudadano alrededor de un objetivo público común: la conservación de los ecosistemas donde habitan (Caballero-Cruz *et al.* 2016).

Para esto es importante hacer propuestas a los ciudadanos de las comunidades rurales y urbanas, que contribuyan a cambiar su percepción sobre estos elementos de la biodiversidad, y que se vinculen al aprovechamiento en actividades económicas no sustractivas como el senderismo y el turismo de observación de flora y fauna, los cuales pueden ser una fuente alternativa de ingresos económicos, como ocurre en Estados Unidos, Canadá y algunos países sudamericanos (Donohoe y Needham 2006). De esta forma se reduciría el impacto sobre las poblaciones de fauna silvestre locales (López-Medellín e Íñigo 2009).

También es recomendable el fortalecimiento de los mecanismos institucionales de vigilancia que

regulan las colectas con fines científicos, de manera que se fomenten recolectas mínimas (al sustituir la extracción por material fotográfico), y que los especímenes colectados sean catalogados y depositados en colecciones científicas registradas ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Finalmente, se debe promover la conservación de los diferentes hábitats y ecosistemas, para que la herpetofauna pueda vivir y reproducirse (Ramírez-Bautista *et al.* 2014); de no ser así, se presentará una baja o nula variabilidad genética en su área de distribución, lo que conducirá a la extinción de las especies a nivel local e incluso global.

Referencias

- Aguillón-Gutiérrez, D.R., A. Ramírez-Bautista y C. Romo-Gómez. 2018. Spectrochemical analysis of tissues of frog *Dryophytes plicatus* tadpoles (Amphibia: Hylidae) developing under lead and iron pollution. *Journal of Environmental Science and Management* 21(1):74-81.
- Altieri, M.A. y M.K. Anderson. 1992. Peasant farming system modernization and the conservation of crop genetic resources in Latin America. En: *Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management*. P.L. Fielder y S.K. Jain (eds.). Springer, Reino Unido, pp. 49-64.
- Allendorf, F.W., O. Berry y N. Ryman. 2014. So long to genetic diversity, and thanks for all the fish. *Molecular Ecology* 23(1):23-25.
- Badillo-Saldaña, L.M., A. Ramírez-Bautista, D. Lara-Tufiño *et al.* 2015. Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 29(2):131-139.
- Berriozabal-Islas, C., L.M. Badillo-Saldaña, A. Ramírez-Bautista *et al.* 2015. Effects of habitat disturbance on lizard functional diversity in a tropical dry forest of the Pacific coast of Mexico. *Tropical Conservation Science* 10:1-11.
- Berriozabal-Islas, C., A. Ramírez-Bautista, R. Cruz-Elizalde y U. Hernández-Salinas. 2018. Modification of landscape as promoter of change in structure and taxonomic diversity of reptile's communities: an example in tropical landscape in the central region of Mexico. *Nature Conservation* 28:33-49.
- Beschta, R.L y W.J. Ripple. 2009. Large predators and trophic cascades in terrestrial ecosystems of the western United States. *Biological Conservation* 142(11):2401-2414.
- Burse, C. y S. Goldberg. 1991. *Thubunaea intestinalis* n. sp. (Nematoda: Spiruroidea) from Yarrow's Spiny Lizards, *Sceloporos jarrovi* (Iguanidae), from Arizona, U.S.A. *Transactions of the American Microscopical Society* 110(3):269-278.
- Caballero-Cruz, P., G. Herrera-Muñoz, C. Berriozabal-Islas *et al.* 2016. Conservación basada en la comunidad: importancia y perspectivas para Latinoamérica. *Estudios Sociales* 26(48):337-353.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2017. *Listado de las áreas naturales protegidas de México*. En: <<https://www.gob.mx/conanp>>, última consulta: 11 de julio de 2018.
- Cano, L., R. Rodríguez, R. Valdez *et al.* 2016. Representatividad de la vegetación de las áreas naturales protegidas (ANP) del estado de Hidalgo, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 3:88-97.
- Carrillo, A., V. Bustamante, F. Garza y R. Froughback. 2011. Factores económicos en la producción de carbón vegetal. En: *Economía en el manejo sustentable de los recursos naturales*. F. Garza y A. Carrillo (eds.). Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León, México, pp. 112-126.
- Donohoe, H.M. y R.D. Needham. 2006. Ecotourism: the evolving contemporary definition. *Journal of Ecotourism* 5(3):192-210.
- González, A.I., Y. Barrios, G. Born-Schmidt y P. Koleff. 2014. El sistema de información sobre especies invasoras. En: *Especies acuáticas invasoras en México*. R. Mendoza y P. Koleff (coords.). CONABIO, México, pp. 95-112.
- Hernández-Austria, R., D. Lara-Tufiño y A. Ramírez-Bautista. 2015. Estado actual de la distribución y aspectos ecológicos generales de la rana de Moore *Lithobates johni* (Anura: Ranidae), endémica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1):269-271.

- Hernández-Salinas, U. 2009. *Estudio herpetofaunístico del estado de Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- López-Medellín, X. y E.E. Íñigo. 2009. La captura de aves silvestres en México: una tradición milenaria y las estrategias para regularla. *Biodiversitas* 83:11-15.
- Mendoza-Almeralla, C., P. Burrowes y G. Parra-Olea. 2015. La quitridiomycosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1):238-248.
- Montali, R.J. 1999. Important aspects of zoonotic diseases in zoo and wildlife species. *Verh Ber Erkrz Zootiere* 39:149-155.
- Monks, S., R. Escorcia-Ignacio y G. Pulido-Flores. 2008. A new species of *Spauligodon* (Nematoda: Pharyngodonidae) in *Sceloporus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the Reserve of the Biosphere Barranca de Metztitlán, Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:129S-133S.
- Morales-García, J.J., A.D. Morales-García y A. Acosta-Rosales. 2015. Registros recientes de jaguar (*Panthera onca*) en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época* 5(2):66-72.
- Primack, R., P. Feinsinger, R. Rozzi et al. 2001. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas*. FCE, México.
- Rabb, G.B. y E. Mossiman. 1955. The tadpoles of *Hyla roborosorum*, with comments on the affinities of the species. *Occasional Papers of Zoology, University of Michigan* 563:1-9.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez et al. 2009. *Herpetofauna del Valle de México: diversidad y conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde et al. 2014. *Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca.
- Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas Cardona (eds.). 2017. *Biodiversidad del estado de Hidalgo*. Tomo II. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Ramírez-Pérez, A. 2008. *Herpetofauna del Parque Nacional El Chico y su zona de influencia, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Reid, W.V. y K.R. Miller. 1989. *Keeping options alive: the scientific basis for conserving biological diversity*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Ritchie, E.G y C.N. Johnson. 2009. Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology Letters* 12(9):982-998.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Serna-Lagunes, R. y P. Díaz-Rivera. 2011. Variación genética y conservación de una población de *Crocodylus moreletii* en cautiverio. *Acta Zoológica Mexicana nueva serie* 27(3):547-563.
- Stuart, S.N., M. Hoffmann, J.S. Chanson et al. 2008. *Threatened amphibians of the World*. Lynx Edicions/IUCN/Conservation International, Barcelona.
- Wilson, L.D., J.D. Johnson y V. Mata-Silva. 2013a. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian and Reptile Conservation* 7:97-127.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva y J.D. Johnson. 2013b. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian and Reptile Conservation* 7:1-47.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ESTUDIO DE CASO

Revolución verde en Metztlán

Ma. del Carmen López Ramírez
y María del Consuelo Cuevas Cardona

Introducción

A mediados del siglo xx en muchas partes del mundo se echó a andar la llamada Revolución verde, que intentó modernizar la agricultura con el uso de maquinaria pesada y agroquímicos, como fertilizantes y pesticidas. Durante los primeros años se elevó la producción de granos de manera exponencial; sin embargo, por desgracia pronto se vieron otras consecuencias: suelos y aguas contaminadas, erosión de tierras, aumento del número de plagas agrícolas, y destrucción de la fauna y de la actividad microbiana del suelo. Asimismo, desde el punto de vista social, hubo incrementos al empobrecimiento y endeudamiento de los campesinos, así como desempleo y migración forzada (Ceccon 2008).

En México el programa inició durante el periodo del presidente Manuel Ávila Camacho (1940-1946). Para que funcionara, en 1943 se creó la Oficina de

Estudios Especiales (OEE), y en 1947 el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA); ambos dependían de la entonces Secretaría de Agricultura, aunque la OEE dependía más directamente de la Fundación Rockefeller. La OEE se encargó de realizar estudios enfocados en maíz y trigo, y centró sus esfuerzos en la fitopatología, genética y suelos para mejorar las prácticas agrícolas, así como en “la introducción, selección o cultivo de variedades adaptadas para resistir las enfermedades y plagas para lograr mayores rendimientos” (De la Peña y Morales-Ibarra 1989). Por su parte, el IIA tuvo su origen en el Departamento de Estaciones Experimentales, el cual contaba con experiencias de trabajo desde la presidencia de Lázaro Cárdenas, en la década de los treinta. La labor del instituto se basaba en recolectar muestras de semillas de trigo y maíz, para buscar aquellas que presentaran mayor rendimiento. Estas acciones e investigaciones formaron parte del origen de la Revolución verde en México (Flores-Fuentes 2002).

Con esta base de investigación se buscó implantar el modelo de desarrollo agrícola estadounidense en suelo mexicano. Así, se introdujeron semillas mejoradas (que sustituyeron a las criollas), insecticidas, fertilizantes y maquinaria. En este proceso, el Estado dejó de lado el hecho de que todo este nuevo paquete tecnológico sería viable sólo para aquellos productores con capital suficiente para adquirirlo y mantenerlo. Para los agricultores sin capital no era costoso adquirir todos los requerimientos para el desarrollo de semillas mejoradas, mismas que además deberían comprar en cada cosecha (Negrete 2011).

Para lograr el aumento en la compra de insumos y de maquinaria agrícola, el Estado impulsó el otorgamiento de créditos, lo cual ejerció control sobre la elección de cosechas, la preparación de la tierra, el empleo de fertilizantes y plaguicidas, así como la introducción de maquinaria. El marco institucional para el funcionamiento de la nueva política agraria fueron el Banco Nacional de Crédito Agrícola y el Banco Agrícola Ejidal, entre otros; en consecuencia, el crédito agrícola convirtió a los agricultores en compradores cautivos de insumos agrícolas (Flores-Fuentes 2002).

López-Ramírez, C. y C. Cuevas-Cardona. 2021. Revolución verde en Metztlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 422-426.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

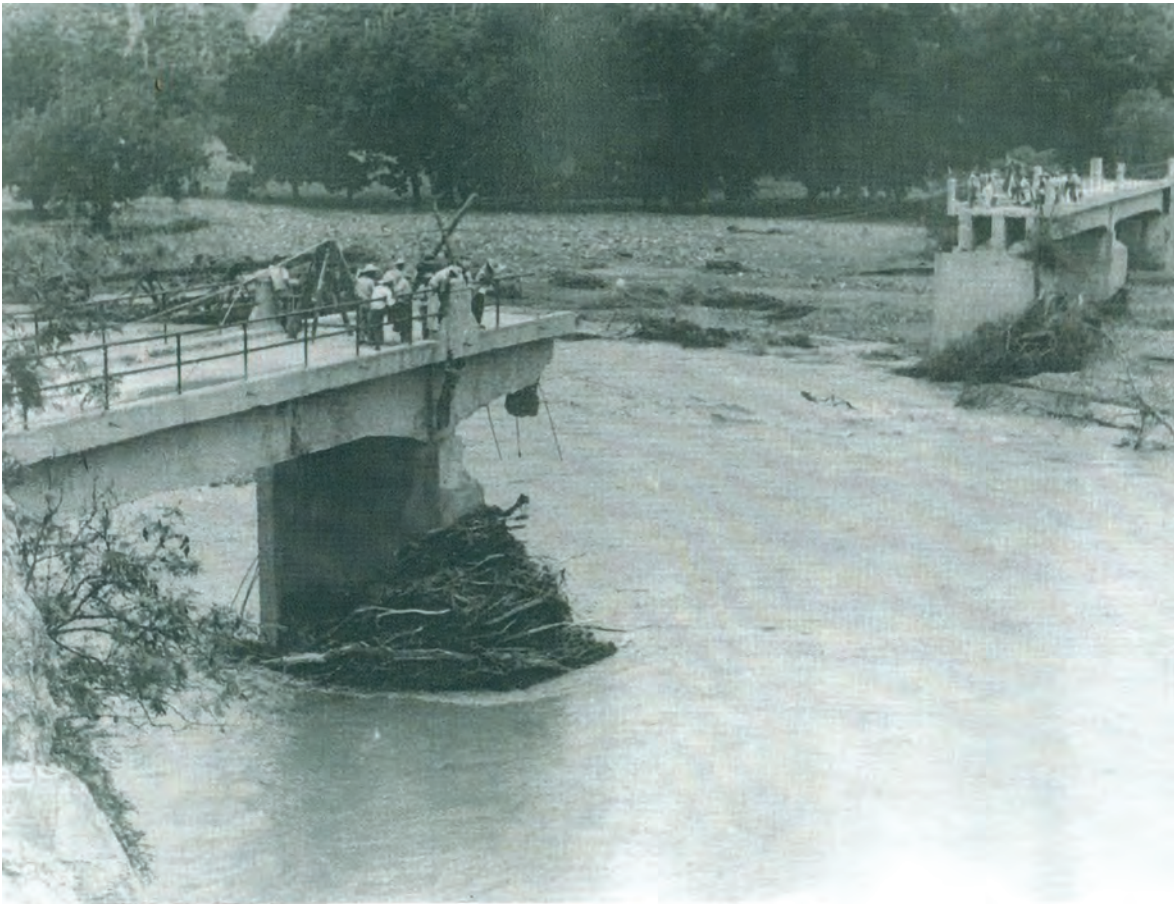


Figura 1. Puente Plutarco Elías Calles (también conocido como Venados), destruido por la corriente del río Metztlán en 1944. Foto: Colección Especial Roque González Garza, Universidad Panamericana.

Revolución verde en Metztlán

Desde antes de la implementación de la Revolución verde en México, el sistema de crédito en Metztlán tenía ya una larga tradición, primero con los prestamistas¹ y después con el Banco Nacional de Crédito Ejidal S.A. Para cuando se realizó el Censo Agrario Ganadero de 1950, no sólo se había incrementado la cantidad de maquinaria e implementos agrícolas; también se había diversificado. El proceso de tecnificación aumentó gradualmente entre 1950 y 1970, lo que se puede observar a través de los censos agrícolas y ganaderos de Metztlán en esos años (CIINEGI 1950, 1970).

En 1957, ingenieros comisionados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos fueron a Metztlán para

analizar la situación del lugar, e hicieron algunas observaciones como la necesidad de construir presas reguladoras para controlar y disminuir el impacto de las inundaciones anuales, construir caminos con el fin de facilitar la salida de los productos agrícolas y establecer procedimientos técnicos en la explotación de la tierra, a través de la labor de las oficinas de agricultura estatal y federal. Los ingenieros identificaron a la vega de Metztlán como un sitio con oportunidades para el desarrollo agropecuario, pero de acuerdo con ellos había muchas carencias (SRH 1957).

Esta situación pronto cambiaría. Un aspecto relevante fue la puesta en marcha del Distrito de Riego 008 de Metztlán, que comenzó su operación en 1953 (CONANP 2003). Esta obra se extendió sobre una

¹ Habitantes de la región con capital financiero para prestar bajo elevados intereses.

superficie de 6 mil hectáreas y cubrió prácticamente toda la vega, con lo que la agricultura en la región se polarizó completamente en agricultura de riego y de temporal. Desde entonces la de temporal se realiza sólo en las partes altas de la región, caracterizadas por lomeríos con suelos pobres de tepetate, en donde se siembra semilla criolla y se utilizan técnicas de labranza tradicionales, hay un nulo o mínimo uso de agroquímicos, la producción está destinada al autoconsumo y, si llega a haber excedente, se vende en el mercado local. En cambio, la agricultura de riego se encuentra en la vega, y es en este espacio en donde se ha dado la mayor influencia de la Revolución verde.

Para que la producción derivada de la tecnología moderna tuviera efecto, se tuvieron que construir carreteras. Para 1940 la principal vía de comunicación era un camino de terracería que comunicaba a la vega con Pachuca. El viaje duraba ocho horas, si las condiciones eran buenas y se abordaba el camión de pasajeros, al que localmente se conocía como achichilique.² Cuando se presentaban inundaciones, la carretera se veía interrumpida en varios puntos, sobre todo en aquellos donde había puentes (figura 1); además, había derrumbes que hacían imposible o muy peligroso el tránsito.

En los años cuarenta el general Roque González Garza, político revolucionario y dueño del rancho de Cocotzingo (en el que se producía algodón y papa, entre otros productos), después de una inundación, solicitó al entonces presidente Manuel Ávila Camacho la construcción de una carretera. A él se unieron otros grandes propietarios y ejidatarios para solicitar la construcción de caminos que llevaran a Venados-Metztlán-San Cristóbal-Amajatlán, con el propósito de comunicar a toda la vega con la salida principal por el puente Venados hacia Pachuca. Fue hasta los años sesenta que estas carreteras quedaron en funcionamiento (Universidad Panamericana 1943).

Escenario actual

La introducción de maquinaria y paquetes tecnológicos creció entre 1950 y 1970 en la región. Por

ejemplo, en 1950 no había tractores en Metztitlán, y en 1970 había 36; mientras que en 1950 había 1170 arados tradicionales, en 1970 este número se redujo a 600 (INEGI 2009). Este proceso de tecnificación ha permitido que la vega de Metztitlán actualmente sea considerada una de las regiones de mayor producción de maíz del estado (Gobierno del Estado 2005).

El proceso de modernización, no obstante, ha tenido implicaciones importantes en la actualidad, pues los suelos y el sistema hidrológico han sido seriamente perjudicados. Por ejemplo, Fernández-Bringas (2004) encontró plaguicidas organoclorados –tanto en sedimentos superficiales del lago como en peces– que pueden llegar a afectar a los consumidores, aves y seres humanos. Asimismo, se ha visto que la laguna se encuentra en un proceso de eutrofización, al presentar altas concentraciones de agroquímicos a consecuencia de la intensa actividad agrícola en la zona (Monks *et al.* 2013).

En general el sistema hidrológico de Metztitlán presenta problemas de contaminación a causa de las escorrentías asociadas a la extensa superficie agrícola adyacente a la laguna (Barrera-Escorcia *et al.* 2013). Para 2006, el estudio de Hernández-Flores demostró que la gran mayoría de los campos de cultivo (58.5% de los muestreados, con un mayor grado de severidad en la zona sureste) se encontraban infestados por *Meloidogyne*, un género de nematodos³ que, junto con otros factores, ha propiciado el abandono del cultivo de jitomate y generado grandes pérdidas económicas.

Los agroquímicos, y en general los insumos para el campo, se perciben en la región como un elemento importante para el desarrollo de la agricultura; sin embargo, existen dudas. Algunos campesinos entrevistados comentaron que hace algunas décadas se utilizaban menos químicos y, aun así, las cosechas se daban. Piensan que ahora se requieren demasiados insumos, que además se han vuelto casi imprescindibles, más aún por las exigencias del mercado en las características del producto. Los pequeños productores reflexionan constantemente sobre el uso de insumos agrícolas; saben del beneficio del uso de su semilla de antaño, y del costo

² Nombre tomado de entrevistas realizadas a habitantes de 12 comunidades de la región durante los años 2012 y 2013.

³ Organismos conocidos comúnmente como gusanos redondos; algunas especies pueden parasitar a otros animales, incluido el ser humano, y causar enfermedades importantes como la elefantiasis.

del empleo de químicos que se introducen y contaminan finalmente los cuerpos de agua.

Conclusiones

En todo el mundo la llamada Revolución Verde ha tenido efectos desastrosos de contaminación, y Metztlán no es la excepción. Además del daño directo en suelos y aguas ejercidos por los agroquímicos, sus envases se han convertido en un problema grave en sí mismo, pues son basura tóxica difícil de desechar. Además, para que estos agroquímicos funcionen, generalmente se aplican en monocultivos altamente perturbados, lo que ha llevado a la aparición de plagas que antes no existían o que podían combatirse. En cambio, la agricultura tradicional es el resultado de siglos de evolución biológica y cultural, de la acumulación de las interacciones entre los agricultores con su ambiente, sin necesidad de insumos externos, capital o conocimiento científico (Altieri 1991).

Anteriormente en la vega los cultivos tradicionales eran maíz, frijol, jitomate y chile, y se obtenían dos cosechas abundantes al año, sin el empleo de

agroquímicos, gracias a la calidad y el descanso de la tierra. Actualmente es posible obtener hasta tres cosechas al año, gracias a la semilla mejorada y a la introducción de la tecnología agrícola, aunque estas no sean tan abundantes como en el pasado. Incluso la gente se queja de que la calidad ya no es la misma. Los campesinos entrevistados se lamentan de esto y de la pérdida de los saberes milenarios que hicieron crecer y florecer una gran región como la vega de Metztlán.

Sin embargo, en la región misma hay agricultura tradicional, por lo que sería muy importante promover el intercambio de saberes entre los campesinos de las partes altas y aquellos que laboran en la vega, y construir espacios novedosos que hagan posible la interacción, sin subordinaciones (Argueta Villamar 2012). Los promotores de este intercambio (posiblemente los funcionarios que manejan la reserva) deberán mantenerse al margen para que ocurra el diálogo intercultural. Si esto ocurriera, tal vez entonces se encontraría la manera de que en la vega de Metztlán se desarrolle una agricultura sustentable, que poco a poco abandone los agroquímicos y los monocultivos.

Referencias

- Altieri, M.A. 1991. *¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?* En: <<https://ecath1.s3.amazonaws.com/sociologiaagraria/TP2apunte1.pdf>>, última consulta: 21 de agosto de 2018.
- Argueta Villamar, A. 2012. *El diálogo de saberes, una utopía realista*. En: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1997-40432012000300002&script=sci_arttext&tlng=en>, última consulta: 21 de agosto de 2018.
- Barrera-Escordia, G., C.L. Fernández-Rendón, I. Wong-Chang y P. Ramírez-Romero. 2013. La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica* 23(1):87-96.
- Ceccon, E. 2008. La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias* 1(91):20-29.
- CIINEGI. Centro de Información INEGI Balderas, Biblioteca Gilberto Loyo, Censos Agropecuarios. 1950. *Tercer Censo Agrícola Ganadero y Ejidal 1950: Hidalgo*. Secretaría de Economía, México.
- _____. 1970. *Quinto Censo Agrícola Ganadero y Ejidal 1970: Hidalgo*. Secretaría de Industria y Comercio, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán*. SEMARNAT, México.
- De la Peña, S. y M. Morales-Ibarra. 1989. *Historia de la cuestión*. Siglo XXI Editores, México.
- Fernández-Bringas, L.M. 2004. *Evaluación de plaguicidas organoclorados en el sistema lacustre de Metztlán, Hidalgo*. Tesis de maestría en biología. UAM, México.
- Flores-Fuentes, L.E. 2002. *El viraje de la política agrícola y su impacto en la producción nacional de maíz a partir de 1988*. Tesis de licenciatura en economía. UNAM, México.
- Gobierno del Estado. 2005. *Plan Estatal de Desarrollo Agropecuario Sustentable 2005-2011*. Gobierno del Estado, Pachuca.
- Hernández-Flores, B. 2007. *Distribución espacial de nematodos agalladores (Meloidogyne spp.), y su relación con factores edáficos en la vega de Metztlán, Hidalgo, México*. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los*

- Estados Unidos Mexicanos, Metztitlán, Hidalgo.* INEGI, México.
- Monks, S., G. Pulido-Flores, Ch. Bautista-Hernández *et al.* 2013. El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En: *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. Vol. II. G. Pulido-Flores y S. Monks (coords.). Zea Books, Estados Unidos, pp. 25-34.
- Negrete, J.C. 2011. Políticas de mecanización agrícola en México. *Revista Iberoamericana* 71 noviembre:1-22.
- SRH. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1957. *Estudio agrológico detallado de la vega de Metztitlán, Hidalgo*. SRH, México.
- Universidad Panamericana. 1943. Colección Especial General Roque González Garza, carpeta 36, documento 102. México.



Posible impacto por pesticidas organoclorados en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán

Juan Carlos Gaytán Oyarzun, Griselda Pulido Flores, Alberto José Gordillo Martínez y Maritza López Herrera

Introducción

Los pesticidas o plaguicidas son sustancias (o mezclas de sustancias) destinadas a controlar plagas que causan perjuicio o interfieren con actividades agropecuarias, forestales, o que fungen como vectores de enfermedades humanas. Los compuestos químicos utilizados como pesticidas representan un riesgo ambiental debido a que tienen propiedades físicas y químicas que afectan a la biota (principalmente en ríos y suelos), aunado a una alta permanencia en el ambiente por su resistencia a la degradación (biológica, fotolítica y química). Asimismo, tienen la capacidad de recorrer grandes distancias; por esta razón se encuentran en todos los compartimentos ambientales (agua, lluvia, nieve, aire, sedimento y suelos) y ecosistemas del mundo; incluso aquellos muy lejanos del sitio de su liberación. Además, debido a la capacidad de los pesticidas para acumularse tanto en el ambiente como en los seres vivos, diferentes sectores sociales se encuentran expuestos a sus efectos tóxicos directos e indirectos (Vidal *et al.* 2004), problemática que se potencializa por su uso indiscriminado y constante en ambientes naturales (Narváez *et al.* 2012).

Los pesticidas organoclorados son compuestos orgánicos derivados de hidrocarburos complejos, en los que se ha sustituido un hidrógeno por un cloro, característica que favorece que sean fácilmente acumulables por los seres vivos. Se dividen

en cinco grupos: 1) dicloro difenil tricloroetano (DDT) y análogos; 2) gama-hexaclorociclohexano (HCH) o lindano; 3) ciclodienos y compuestos similares; 4) toxafenos y compuestos relacionados; y 5) estructuras tipo mirex y clordecones (Torres y Capote 2004). Se consideran altamente peligrosos debido a su baja reactividad, alta estabilidad, persistencia en el ambiente y poca solubilidad en el agua. Debido a que son liposolubles (solubles en grasa o aceites), atraviesan fácilmente membranas celulares y se acumulan en tejidos grasos como cerebro, hígado y médula ósea, entre otros. La persistencia y toxicidad de estos compuestos—una vez que están en el ambiente— es variable, pues dependen de las condiciones del entorno. Además, sus metabolitos (productos resultantes de un proceso metabólico) suelen ser más tóxicos que el compuesto original.

A pesar de que el uso de algunos de estos compuestos ha sido prohibido y restringido en varias partes del mundo, en México se utilizan sin restricción alguna o con muy poco monitoreo por parte de las autoridades, sin contemplar que existen reportes de los efectos colaterales originados por su uso (Hernández-Antonio y Hansen 2011). Múltiples estudios a nivel mundial, principalmente en Europa, convergen en que el uso de pesticidas está vinculado a la pérdida generalizada de la biodiversidad, debido a que afectan a uno o varios componentes de las redes tróficas, en especial dentro de los sistemas acuáticos (Malaj *et al.* 2014). Esto se refleja en

Gaytán-Oyarzun, J.C., G. Pulido-Flores, A.J. Gordillo Martínez y M. López-Herrera. 2021. Posible impacto por pesticidas organoclorados en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 427-433.

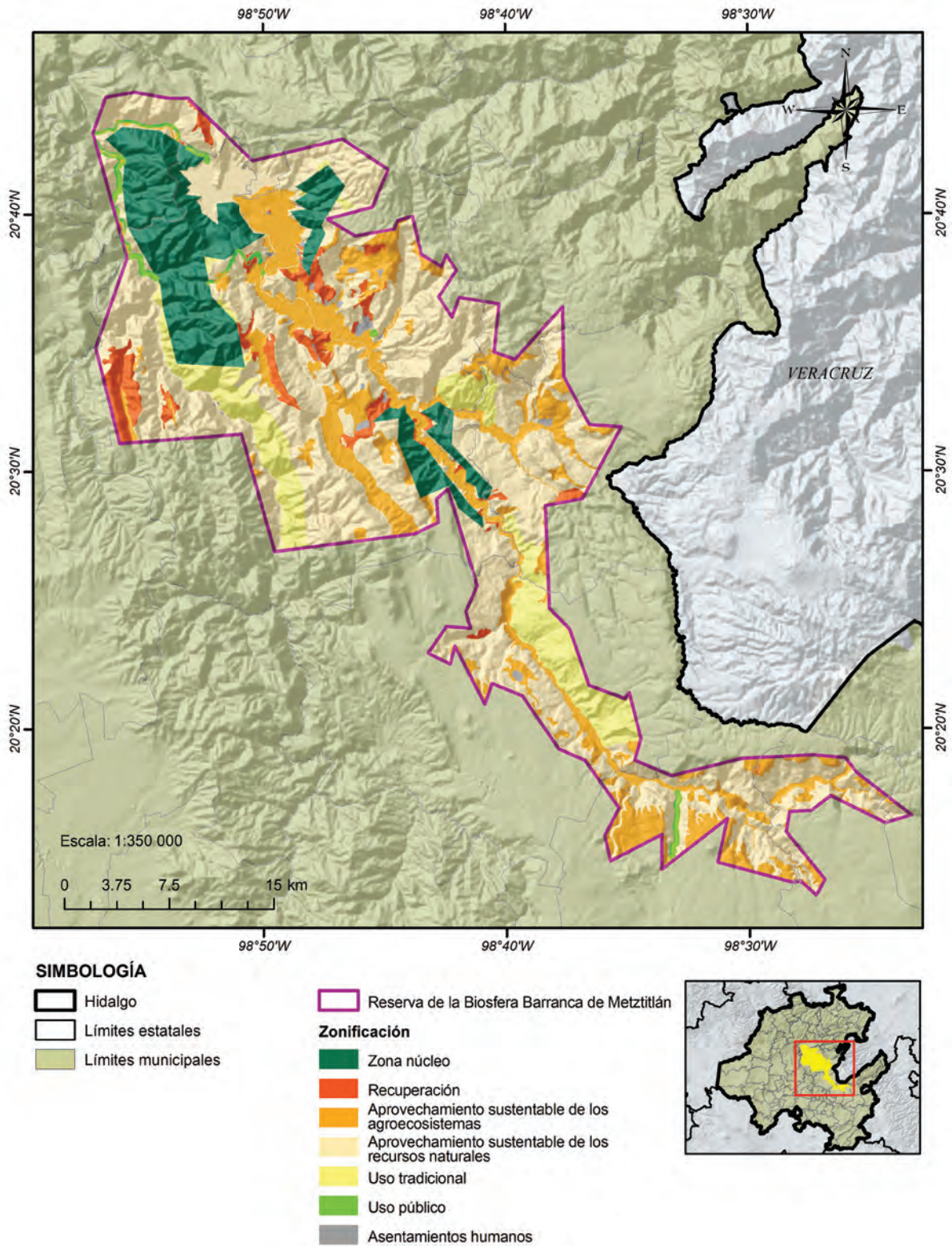


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Fuente: elaboración propia con datos de CONANP 2003.

la pérdida directa de especies, así como de los bienes y servicios ecosistémicos que derivan de ellas, tales como la producción de oxígeno, la depuración natural del agua y la polinización, entre otros.

Metztitlán y afectaciones por pesticidas

La barranca de Metztitlán forma parte del corredor biológico de las zonas áridas del Altiplano Central del país, uno de los ecosistemas más representativos de la biodiversidad en México (CONANP 2003). Por esta razón es considerada una zona prioritaria para la conservación por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO; SEMARNAT 2016), y fue decretada como reserva de la biosfera en el año 2000 (figura 1).

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) posee una topografía caracterizada por un sistema de cañadas conectadas a sistemas hidrológicos, con especies de flora y fauna en estatus crítico para Hidalgo (CONANP 2003, 2013). En ella se ha registrado un intenso uso agrícola, lo que ha provocado la pérdida de la cobertura vegetal original (CONANP 2003), particularmente en los márgenes de los ríos (zona riparia o ribereña), donde aún subsisten algunos ejemplares de los géneros *Salix* y *Platanus*. Esta pérdida de la vegetación riparia es de relevancia, ya que cumple importantes funciones para el ecosistema como el suministro de fuentes de agua, y define la estructura y heterogeneidad de hábitats utilizados como corredores para migración y dispersión de fauna o sitios de anidamiento, entre otras (CONANP 2003).

La región de la vega de Metztitlán abarca 19 334.83 ha, lo que corresponde a 20.12% de la superficie de la RBBM. Se localiza en la zona núcleo de la reserva en su parte central, en las localidades de Jilotla, Tecruz de Anahuac, Tres cruces, San Pedro Tlatemalco y Acolme del municipio Metztitlán. La vega de Metztitlán incluye áreas dedicadas a la actividad agrícola, pecuaria y agroforestal, de modo que se considera una de las zonas agrícolas de mayor importancia en el estado debido a la productividad de sus suelos. Por lo anterior, 73% de su población

total (20 111 habitantes), se dedican a esta actividad en las modalidades de riego y temporal (CONANP 2003, INEGI 2015, SIIEH 2017). Sin embargo, existe la evidencia del uso excesivo de agroquímicos, como pesticidas organoclorados, algunos de los cuales son considerados contaminantes orgánicos persistentes (COP), clasificados como sustancias de alta peligrosidad según el Convenio de Estocolmo (UNEP 2007).

Los pesticidas llegan a la laguna de Metztitlán a través del río del mismo nombre (mediante arrastre), lo que altera la calidad del agua y causa efectos tóxicos en los seres vivos que la habitan y dependen de ella. Lo anterior se traduce en la afectación de los servicios ambientales que se obtienen de la laguna (p.e. regulación del clima local y proporción de condiciones favorables para labores agrícolas; CONANP 2003, Cálvelo 2008), y limita el aprovechamiento por parte de los pobladores de la vega de Metztitlán, quienes utilizan la laguna como fuente de alimento y empleo, ya que varias familias de pescadores extraen carpa y mojarra para su venta en la región (Quiterio-Pérez 2012). Asimismo, existen registros de peces que presentan en sus tejidos pesticidas organoclorados, los cuales provienen de las zonas de cultivo aledañas a la laguna y son transportados por la lluvia a través del río Metztitlán (Fernández-Bringas *et al.* 2008, Quiterio-Pérez 2012).

Quiterio-Pérez (2012) reportó que en el sitio se utilizan pesticidas organoclorados como endosulfan (66%); aldrín, dieldrín, lindano, heptacloro y hexaclorobenceno (que en conjunto representan 1% del total); y un último grupo muy variado denominado otros (33%), que se encuentra representado en su mayoría por compuestos organofosforados. Gran parte de estos compuestos (80%) se aplican dos veces al año para eliminar plagas y mejorar la calidad de las cosechas (CNA 1980, Quiterio-Pérez 2012).

Evaluación de la presencia de pesticidas en la laguna de Metztitlán

En 2016 se realizó un análisis de agua y sedimento por cromatografía de gases-masas¹ en diferentes sitios dentro de la laguna, en temporadas de lluvias y secas (figura 2). En ninguna de las muestras de

¹ Métodos IMTA CAQAC6-08, USEPA 3620b Florisil Cleanup 1996, USEPA 8081b (EPA 2015) y método CAQAC6-03, USEPA 8270d 1998 (EPA 2018).

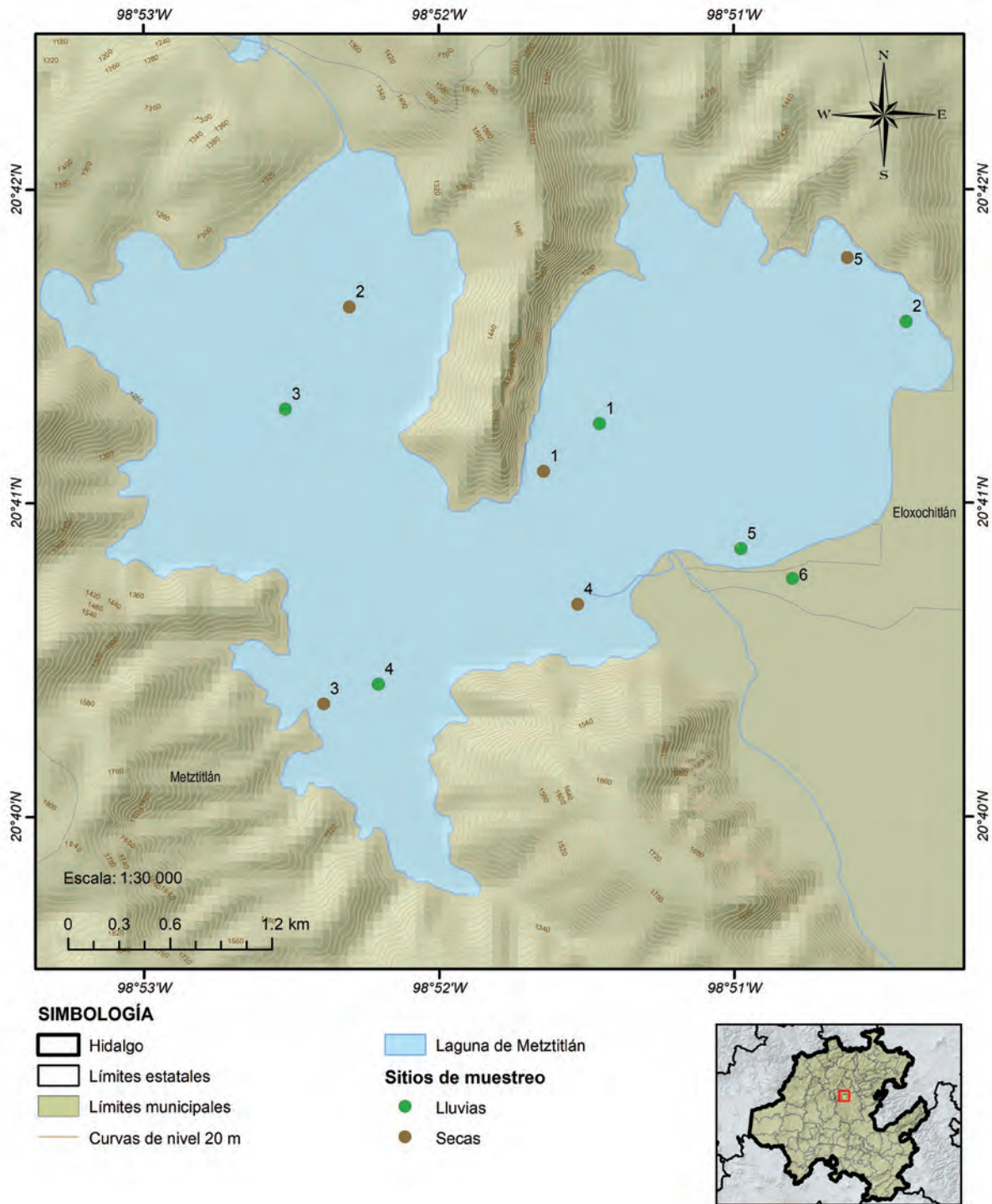


Figura 2. Sitios de muestreo en la laguna de Metztitlán. Los sitios en café señalan los puntos de colecta en época de secas y los verdes en época de lluvias. Fuente: Quiterio-Pérez 2012.

agua se encontraron concentraciones mayores a $0.01 \mu\text{g/ml}$ de los pesticidas organoclorados bajo análisis; sin embargo, se realizaron encuestas dirigidas y estratificadas a 100 personas que se dedican a la agricultura en la zona y usan este tipo de compuestos, quienes evidenciaron el uso de varios tipos de pesticidas para actividades agrícolas, principalmente endosulfan. La ausencia de este pesticida en las muestras de agua probablemente se deba a vacíos dentro del muestreo, ya que estos compuestos se mueven rápidamente del agua al sedimento y a la biota (Narváez *et al.* 2012). Por otra parte, los resultados de las encuestas y la revisión bibliográfica no evidenciaron acciones municipales o locales para sustituir el uso de pesticidas por alternativas menos agresivas con el entorno o programas para mitigar la problemática; por el contrario, se ha visto incrementado el uso de pesticidas organoclorados en la zona (Quiterio-Pérez 2012, CONANP 2013).

El análisis de sedimento evidenció concentraciones significativas de pesticidas organoclorados (tanto en temporadas de lluvias como en secas), entre los que destacan lindano, dicloro difenil dicloroetileno y dicloro difenil dicloroetano (cuadro 1). Estos resultados corroboran lo reportado por Fernández-Bringas y colaboradores (2008), y por Quiterio-Pérez (2012) en cuanto al hallazgo de estos compuestos en la zona de estudio. Además, en el presente estudio se detectaron pequeñas cantidades de aldrín ($0.2 \mu\text{g/kg}$, cuadro 1), pesticida cuya presencia ya había sido reportada previamente en Metztlán (Fernández-Bringas *et al.* 2008).

Discusión

La presencia de pesticidas organoclorados en la laguna de Metztlán representa un factor de presión sobre la biodiversidad de la zona a corto y mediano plazo, así como para la población humana que depende directamente de ella. Los tres pesticidas encontrados (lindano, DDE y DDD) presentan un potencial de riesgo alto, con efectos ecológicos y para la salud, debido a su uso indiscriminado y no monitoreado. En el presente trabajo, el lindano encontrado probablemente corresponde al isómero β (el más hidrofóbico y estable de todos los isómeros del lindano), asociado a suelos, tejidos vegetales y fluidos animales (Cálvelo 2008). A su vez, Fernández-

Cuadro 1. Concentraciones ($\mu\text{g/kg}$) de pesticidas organoclorados presentes en sedimento de la laguna de Metztlán para 2016.

Pesticida	Temporada	
	Secas	Lluvias
Clordanos	*	*
Dieldrín	*	*
DDT isómeros	*	*
Metoxicloro	*	*
Hexacloro-benceno	*	*
Lindano	0.4	0.1
Heptacloro	*	*
Aldrín	*	0.2
Epoxido de Heptacloro	*	*
DDE	3	2.1
DDD	1.8	1.2

* $<0.333 \mu\text{g/kg}$. DDT: Dicloro difenil tricloroetano; DDE: dicloro difenil dicloroetileno; DDD: dicloro difenil dicloroetano. Fuente: elaboración propia.

Bringas y colaboradores (2008) reportaron como principales contaminantes en este sitio a dos isómeros del lindano (β y α) para 2002, lo que corrobora los registros actuales y evidencia su uso como insecticida dentro de la reserva, pese a que está restringido o prohibido en legislaciones internacionales, ya que se acumula en las grasas de los organismos y es cancerígeno (Hernández-Antonio y Hansen 2011).

Fernández-Bringas y colaboradores (2008) también reportaron la presencia de metabolitos (DDD) del DDT en la zona de estudio, lo que coincide con lo registrado en el presente trabajo. En dicho estudio no se reporta el DDE (lo cual puede estar relacionado con el momento y lugar de monitoreo), pero encontraron el isómero endosulfán II (beta) ($<0.01 \text{ ng/g}$), el cual, a pesar de ser mencionado en las encuestas, no fue registrado en el presente

estudio ni en el de Quiterio-Pérez (2012). Su detección probablemente se deba a que los muestreos en dicho trabajo se llevaron a cabo en fechas cercanas a su aplicación, por lo que no habría transcurrido suficiente tiempo para su degradación (Fernández-Bringas *et al.* 2008).

Conclusiones

En la RBBM existen propuestas de acciones que disminuyen el deterioro del suelo, agua y la biota, como la promoción de brigadas comunitarias para la vigilancia de los recursos, campañas permanentes para la prevención de contingencias ambientales y desarrollo de índices de riesgo por la utilización excesiva de agroquímicos, monitoreo de la presencia de agroquímicos y agentes infecciosos en los suelos, cauces y cuerpos de agua de la reserva, e impulso del uso adecuado del suelo y aprovechamiento de los recursos naturales bajo criterios de sustentabilidad (CONANP 2003).

A pesar de esto, es necesario que se asesore a los agricultores de la zona sobre el uso, manejo y disposición de agroquímicos, debido a que la falta de capacitación técnica apropiada afecta el número de aplicaciones y dosis utilizadas. Además, el programa de manejo de la RBBM debe acompañar estas acciones con alternativas para el uso de agroquímicos y monitoreo permanente de este tipo de compuestos.

Es urgente establecer valores de límites permisibles en las normas oficiales mexicanas, que puedan ser usados como referencia de un potencial de riesgo asociado al uso, manejo y disposición de estos compuestos. Los resultados aquí descritos pueden

ser comparados con normas internacionales, como la *Guidance for Sediment Quality Evaluations New Jersey Department of Environmental Protection* (SRP 2015) de Canadá.

Asimismo, es importante estudiar el comportamiento de los pesticidas en los diferentes compartimientos ambientales de una manera integral y no por separado, con el fin de obtener una visión global de su dispersión ambiental, biodisponibilidad, potencial de riesgo y sus efectos en la biodiversidad.

Estudiar los procesos de degradación natural de los pesticidas en cada área de estudio (Narváez *et al.* 2012), puede ayudar a identificar la producción de metabolitos con mayor toxicidad que los compuestos originales, y que impactan en otros organismos a través de las redes tróficas (Cavoski *et al.* 2008). A su vez, profundizar en los estudios sobre procesos de biodegradación, fotodegradación e hidrólisis química, ayudaría a generar aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales para la eliminación de plaguicidas, lo que favorecería el saneamiento del medio y minimizaría los impactos sobre la biota (Ballesteros-Martín *et al.* 2009, Van der Linden *et al.* 2009).

Ya que el contenido de materia orgánica, la porosidad, la capacidad de intercambio iónico del suelo y la transformación de plaguicidas influyen en la movilidad y transferencia entre compartimientos ambientales, conocer las características de los suelos permitiría sugerir el uso de pesticidas de menor impacto (Narváez *et al.* 2012). Para mejorar el uso de los pesticidas se deben conocer las condiciones específicas de cada sitio y contar con el adecuado apoyo y asesoría técnica, y con ello minimizar su impacto ambiental.

Referencias

- Ballesteros-Martín, M.M., J.A. Sánchez-Pérez, J.L. Casas-Lopez *et al.* 2009. Degradation of a four-pesticide mixture by combined photo-Fenton and biological oxidation. *Water Research* 43(3):653-660.
- Cálvelo, P.R. 2008. *Estudio del comportamiento del Hexaclorociclohexano en el sistema de suelo-planta-aire para su aplicación en técnicas de fitocorrección*. Universidad de Santiago Compostela, España.
- Cavoski, I., P. Caboni, G. Sarais y T. Miano. 2008. Degradation and persistence of rotenone in soils and influence of temperature variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(17):8066-8073.
- CNA. Comisión Nacional del Agua. 1980. *Norma Mexicana NMX-AA-3-1980*. Publicada el 25 de marzo de 1980 en el Diario Oficial de la Federación. Última modificación publicada el 6 de noviembre de 1992.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. CONANP, México.
- _____. 2013. *Monitoreo de Avifauna en la laguna de Metztitlán y*

- bosque de sabino (*Juniperus flaccida*) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. En: <https://simec.conanp.gob.mx/galeria_monitoreo.php?menu=2&id=1>, última consulta: enero de 2018.
- EPA. United States Environmental Protection Agency. 2015. *Método IMTA CAQAC6-08, USEPA 36208 Florisil Cleanup 1996, USEPA 8081B*. En: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/8081b.pdf>>, última consulta: enero de 2018.
- _____. 2018. *Método CAQAC6-03 USEPA 8270D 1998*. En: <<https://www.epa.gov/homeland-security-research/epa-method-8270e-sw-846-semivolatile-organic-compounds-gas>>, última consulta: enero de 2018.
- Fernández-Bringas, L.M., G. Ponce-Vélez, L.G. Calva *et al.* 2008. Organochlorine pesticides in lacustrine sediments and tilapias of Metztitlán, Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 56(3):1381-1390.
- Hernández-Antonio, A. y A.M. Hansen. 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27(2):115-127.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. *Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2015*. INEGI, México.
- Malaj, E., C. von der Ohe, G. Matthias *et al.* 2014. Organic chemicals jeopardize the health of freshwater ecosystems on the continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(26):9549-9554.
- Narváez, J.F., J.A. Palacio-Baena y F.J. Molina-Pérez. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión y Ambiente* 15(3):27-38.
- Quiterio-Pérez, M. 2012. *Evaluación del efecto biológico de los principales pesticidas organoclorados presentes en el agua y sedimento de la laguna de Metztitlán, Hidalgo, México con base a su "Potencial de Riesgo"*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Celebramos el 16 aniversario de distintas ANP*. En: <<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/celebramos-el-16-aniversario-de-distintas-anps?idiom=es>>, última consulta: marzo de 2020.
- SIIEH. Sistema Integral de Información del Estado de Hidalgo. 2017. *Información estadística básica: carpeta municipal Metztitlán*. Secretaria de Planeación Desarrollo Regional y Metropolitano-Gobierno del Estado, Pachuca.
- SRP. Site Remediation Program. 2015. *Ecological evaluation technical guidance*. En: <http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/srra/ecological_evaluation.pdf>, última consulta: enero de 2018.
- Torres, D. y T. Capote. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 13(3):2-6.
- UNEP. United Nations Environment Programme. 2007. *Annual report*. En: <<http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7647>>, última consulta: enero de 2018.
- Van der Linden, A.M.A., A. Tiktak, J.J.T.I. Boesten y A. Leijnsed. 2009. Influence of pH-dependent sorption and transformation on simulated pesticide leaching. *Science of the Total Environment* 407(10):3415-3420.
- Vidal, J.M., M.J. González-Rodríguez, A. Belmonte y A. Garrido. 2004. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 13(3):30-38.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Problemas y políticas públicas ambientales

Bernabé Lugo Neria y Talina Merit Olvera Mejía

Introducción

Uno de los grandes problemas ambientales que enfrenta la sociedad actual es la contaminación. Las repercusiones de esta situación influyen negativamente en la calidad de vida de los habitantes de las ciudades y asentamientos humanos, además compromete la permanencia de una gran variedad de especies (plantas, animales, hongos y microorganismos) que habitan un territorio concreto; y no sólo eso, sino también la integridad de los ecosistemas y paisajes de los cuales forman parte esos seres vivos. Esta preocupación es común en la mayoría de las naciones, incluyendo México. Los gobiernos de diferentes países han hecho esfuerzos, concretados en políticas y programas públicos en materia ambiental, para mitigar las causas de la contaminación. Estos esfuerzos engloban estrategias que buscan modificar un *statu quo* en aras de mejorar el nivel de bienestar social.

Hidalgo no ha sido exento a esta situación. Su gobierno, dentro de las facultades que le confiere la ley, ha diseñado e implementado acciones para resolver los problemas ambientales en sus distintas formas. En este contexto, el presente capítulo se plantea como objetivo, por un lado, describir los problemas ambientales en la entidad (particularmente la contaminación), y por el otro, conocer los instrumentos que el gobierno hidalguense ha ejecutado, a través de su administración pública, para hacer frente a esta realidad. Al final, se incluye una

reflexión acerca de los pendientes en materia del cuidado de la biodiversidad.

Los problemas ambientales

Las causas de la pérdida de biodiversidad incluyen, según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2019), el cambio climático y la contaminación, la pérdida de hábitats, la sobreexplotación y las especies invasoras. El cambio climático y la contaminación son factores que afectan negativamente la biodiversidad, y que en los siguientes párrafos se describirán con mayor detalle. La pérdida de hábitats refiere al cambio de uso del suelo en selvas, bosques, matorrales, campos agrícolas o cualquier intervención humana que modifique el hábitat natural. La sobreexplotación contempla el consumo no moderado de ciertas plantas o animales y que supera en creces a su reproducción, lo que provoca que dichas especies se encuentren en peligro de extinción. Por último, el impacto de especies invasoras ocurre cuando alguna especie no nativa se trasladada (de forma intencional o no) fuera de su lugar de origen y se establece en el nuevo ambiente con un crecimiento poblacional descontrolado, lo que genera competencia con especies originarias y modifica los sistemas tróficos de los ecosistemas.

Es importante aclarar que, hasta hace poco, se presentaban amplios vacíos en el conocimiento de la riqueza de especies de Hidalgo. Sin embargo, en 2006 la Universidad Autónoma del Estado de

Lugo, B. y T. Olvera. 2021. Problemas y políticas públicas ambientales. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 435-442.

Hidalgo encabezó el proyecto Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo, que sentó las bases para que en el periodo 2006 a 2016 se desarrollara la ardua labor de inventariar la biodiversidad del estado, y permitió ubicar a la entidad dentro de los quince primeros lugares a nivel nacional en este rubro, determinándose que Hidalgo posee una importante variedad de especies de plantas, animales y hongos (Ramírez-Bautista *et al.* 2017).

Cambio climático

Se estima que dentro de pocos años Hidalgo incrementará en dos grados centígrados su temperatura promedio; además, se prevé un promedio de disminución de 5% en las precipitaciones pluviales (Gobierno del Estado 2011). Estas condiciones traerán consigo el incremento de ciclones, tormentas severas y sequías; incluso actualmente hay zonas como la sierra Alta y la sierra de Tenango que ya presentan estas alteraciones hidrometeorológicas (Gobierno del Estado 2016a). Con lo anterior, es posible reconocer que la entidad se ubica en una situación de vulnerabilidad ante el cambio climático y se ha identificado a la Huasteca¹ como la región más sensible (Gobierno del Estado 2013).

Contaminación

La contaminación se puede analizar desde tres componentes ambientales afectados: agua, aire y territorio. Con respecto al primero, es urgente resolver el asunto de las aguas negras a cielo abierto que recorren el Valle del Mezquital, en específico el río Salado. El líquido contaminado que proviene de la Ciudad de México pasa por el Estado de México, recorre varios municipios hidalguenses que a su vez descargan sus aguas negras, y al final es utilizado para irrigar una cantidad significativa de campos agrícolas. El efecto colateral de utilizar aguas negras en el cultivo es la degradación del suelo agrícola (Cornejo *et al.* 2012, Ontiveros-Capurata *et al.* 2013). Por otra parte, los cuerpos de aguas superficiales

que presentan mayor contaminación son la Presa Endhó, ubicada en los municipios Tula y Tepetitlán, y la Presa Requena, en Tepeji del Río. Dichos espacios almacenan aguas negras a la intemperie que dañan la salud pública y producen gases de efecto invernadero (GEI); en conjunto, dichas presas generan la novena fuente de emisiones de GEI en el estado (Gobierno del Estado 2011). Estos efluentes se podrían tratar y reutilizar, reduciendo el impacto ambiental; sin embargo, en Hidalgo las aguas residuales tratadas equivalen a 0.10 l/s (litros por segundo) por cada mil personas, indicador que está muy lejos del promedio de 1.10 l/s a nivel nacional (IMCO 2016).

Respecto a la contaminación del aire, en 2005 la entidad generó 4.5% de las emisiones de GEI a nivel nacional (Gobierno del Estado 2016a). En las regiones industriales y con alta densidad poblacional, como Atitalaquia, Pachuca, Tula y Tizayuca, se concentra la mayor contaminación del aire. Vale la pena mencionar que en 2018 Atitalaquia fue el municipio que alcanzó los más altos niveles de contaminación del aire en la entidad (El Independiente 2018). Una alternativa para frenar este tipo de contaminación es apostar por la generación de energía sustentable y no contaminante; desafortunadamente, en la entidad no es recurrente la generación de energías limpias. El dato más cercano es que en 2012, del total de energía generada en el estado, sólo 18% era sustentable (Gobierno del Estado 2016a).

Un ejemplo de mecanismo de mitigación para frenar la contaminación del aire es el programa de verificación vehicular. El parque vehicular que circula en la entidad, en específico en las zonas con mayor densidad poblacional, se ha incrementado en los últimos años. De 1980 a 2015 pasó de 70 592 a 982 192 vehículos que emiten aproximadamente 259 000 t/año de monóxido de carbono (CO), cifra que supera en volumen las emisiones por actividad industrial en la entidad (216 000 t/año de dióxido de azufre, SO₂).² El dato alarmante es que para 2015, sólo 22% realizó su verificación vehicular (Gobierno del Estado 2016a).

1 La Huasteca Hidalguense es una extensión territorial permanentemente verde con una amplia riqueza en flora y fauna. Se integra por 10 municipios (Atlapexco, Huautla, Calnali, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocán, San Felipe Orizatlán, Tlanchinol, Xochiatipan y Yahualica), la mayoría de ellos con pobreza y marginación social acumulada (Madueño-Paulette 2000).

2 El principal gas contaminante generado por la industria es el dióxido de azufre, cuando quema combustibles fósiles compuestos por este elemento químico. Por su parte, los automóviles o el transporte público producen principalmente monóxido de carbono cuando hay una combustión incompleta de material basado en el carbono. Ambos gases son igual de dañinos a la salud pública y la capa de ozono. En Hidalgo, se generan menos toneladas del primer contaminante en comparación con el segundo.

Por otro lado, a pesar de que Hidalgo tiene pocas zonas industriales³ en comparación de otras entidades, el número de empresas limpias es muy bajo. Según el Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO), hasta 2014 en el estado solo se certificaron 11 empresas como limpias, indicador muy bajo en comparación con el promedio nacional que asciende a 22 (IMCO 2016). Otro dato relevante que arroja esta misma fuente es que de cada 100 mil menores de cinco años, en promedio, hay un poco más de 20 fallecidos por enfermedades respiratorias; mientras que el promedio nacional es de 17.2 (IMCO 2016). Es difícil sostener que esas muertes se deban a la contaminación ambiental; sin embargo, sin duda es un factor a considerar.

Se sabe que las causas de la contaminación son amplias; entre las de mayor relevancia se encuentran el crecimiento urbano desmedido y la mala planeación territorial. En Hidalgo, estos problemas se concentran en las regiones del sur, que coincide con la ubicación de zonas industriales. Su efecto directo se refleja en la alta producción de residuos sólidos, lo que genera otros problemas relacionados con su almacenamiento, manejo y disposición final. Por ejemplo, el 12 de mayo de 2018 se registró un incendio en el relleno sanitario La Cañada, ubicado en Mineral de la Reforma, uno de los municipios con las más altas tasas de crecimiento poblacional a nivel estatal (COESPO 2018). El incidente generó una nube tóxica que provocó la suspensión de varias actividades escolares y laborales durante seis días. Los efectos reportados incluyeron molestias en los ojos, nariz y garganta de los habitantes, sobretodo de los niños y adultos mayores, además de un intenso olor fétido en el ambiente.

La construcción de más rellenos sanitarios es un tema complejo. Si bien esta infraestructura es necesaria, su manejo inadecuado genera daños a la salud y provoca que los pobladores frecuentemente se opongan a la construcción dentro de sus territorios. Sin embargo, es un tema pendiente de resolver, ya que la actual infraestructura está sobrecargada. Cada día se producen 2 804 t de basura –sobresale la capital estatal que genera casi una cuarta parte

del total– y sólo se recicla 2.4% (Gobierno del Estado 2016a). Sumado a eso, la capacidad de recolección en la entidad es de 89.3% en promedio y 57% de los residuos no llegan a rellenos sanitarios (Gobierno del Estado 2016a).

La mala planeación urbana también provoca efectos en la cobertura de drenaje. Así, 23.4% de los ocupantes de las viviendas no disponen de drenaje conectado a la red pública (INEGI 2015), por lo que sus propietarios vierten aguas residuales a barrancos y ríos, vulnerando la biodiversidad y dinámica fisicoquímica de estos componentes ambientales. El problema se concentra en los municipios Chapatongo y Omitlán de Juárez, cuyos porcentajes de ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado ascienden a 29% y 17% respectivamente (Consejo Estatal de Población 2015).

Pérdida de hábitats y sobreexplotación

Hidalgo cuenta con amplios terrenos boscosos: la superficie con cobertura forestal es de 876 652 ha; no obstante, sólo 10% de ésta se incorpora al aprovechamiento forestal sostenible (Gobierno del Estado 2016a). De la superficie estatal, 6% está bajo algún esquema de protección y es importante destacar que cada año se deforestan 10 mil hectáreas (Gobierno del Estado 2016a), afectando la biodiversidad y la dinámica de los ecosistemas.

Especies invasoras

Las especies invasoras representan un daño a cualquier ecosistema. Según la Unidad de Informática para la Biodiversidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNIBIO 2013), especies invasoras son aquellas que como consecuencia de las actividades humanas se han expandido más allá de su rango de distribución natural, aumentando su densidad dentro de las comunidades naturales. Aunque México tiene 46 de las 100 especies exóticas invasoras más nocivas mundialmente (Téllez 2017), mismas que provocan daños ambientales irreversibles, para Hidalgo no hay un dato tan preciso. En los últimos años ha llamado la atención la presencia del berro (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) en el río

³ De acuerdo con la Corporación de Fomento de Infraestructura Industrial (COFOIN 2018) hay 11 parques industriales en Hidalgo. Los municipios donde están ubicados son Villa de Tezontepec (1 parque), Atitalaquia (2), Tepeji del Río (2), Tizayuca (1), Mineral de la Reforma (2), Tepeapulco (2) y Atotonilco de Tula (1).

Mixquiahuala (IMTA *et al.* 2007) así como el lirio de agua (*Eichhornia crassipes*) que afecta distintas lagunas y presas hidalguenses, entre ellas Requena y Endhó en el Valle del Mezquital (Camacho 2007); Tecocomulco en Tepeapulco (Montoya 2019), y La Esperanza en la zona de Tulancingo (Ocadiz 2019).

Ante esta perspectiva, las estrategias gubernamentales planteadas para paliar los grandes retos que enfrenta Hidalgo en materia ambiental han sido diversas, y en general, han buscado alinearse a las políticas ambientales nacionales e internacionales. A continuación se hace un recuento de ellas.

Instrumentos público-ambientales

El cuidado del medio ambiente se abordó en la agenda del gobierno estatal a partir de la década de los ochenta. Parte importante en la implementación y fortalecimiento de una política pública ambiental es el marco legal que la sustenta. Por ello, a partir de 2010 se ha modificado la normatividad y se han aprobado nuevas leyes estatales para fortalecer y respaldar las acciones en materia ambiental. El 13 de diciembre de 2010, se publicó el Decreto 429, con el que se modificaban 13 leyes estatales para atender los distintos problemas ya referidos (Congreso del Estado 2010). De manera particular, la Ley de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo⁴ plantea las directrices de planeación y acción transversal, interdisciplinaria y multidimensional para mitigar el cambio climático en la entidad. Esto permitió la creación de instituciones, planes y programas en materia ambiental (cuadro 1).

Todos estos instrumentos están alineados con la planeación nacional y responden a los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018, del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018, del Programa Especial sobre Cambio Climático 2009-2012 y de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. De igual manera están vinculados con la planeación estatal, a través del Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016 y 2016-2022, y

del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (PSMARNH) 2017-2022. Las acciones nacionales, a su vez, responden a los compromisos internacionales a los que México se ha adherido en materia de mitigación y adaptación del cambio climático, al igual que a la Agenda 2030. Un punto en común para estos instrumentos es el señalar que la solución al tema ambiental requiere la participación del sector público, de las empresas privadas y de la sociedad. Todos estos sectores, además del académico, integran la Comisión Estatal Intersectorial de Cambio Climático, máximo órgano de deliberación y toma de decisiones en el tema.

El PSMARNH 2017-2022 (Gobierno del Estado 2017), del que se desprenden el resto de los instrumentos ambientales en el estado, procura la equidad ecológica, económica y social a través de una vinculación del crecimiento y desarrollo con la preservación de los recursos naturales, garantizándolos para las generaciones futuras. Busca instrumentar políticas ambientales incluyentes; es decir, se considera la perspectiva de género, a los sectores más vulnerables, a las niñas y los niños, y a los adolescentes en el desarrollo sostenible. Algunos de los temas relevantes que el programa contempla son la mitigación del cambio climático; la reducción de emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire, agua y suelo; el aprovechamiento y conservación de recursos naturales; el uso de las ecotecnologías y energía verde (principalmente en zonas marginadas); y el fomento de la cultura ambiental y el ordenamiento ecológico territorial.

Las acciones relativas al cambio climático se establecen en el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo (PEACCH). Este programa considera al cambio climático como la variabilidad del clima debido al calentamiento gradual del planeta, ocasionado por la acumulación de GEI en la atmósfera, resultado de las emisiones generadas por actividades humanas. La Estrategia de Adaptación ante el Cambio Climático para el Estado de Hidalgo⁵ incluye los riesgos climáticos futuros en la formulación de políticas.

⁴ En junio de 2012 se promulgó la Ley General de Cambio Climático, y en junio de 2013 se creó la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

⁵ La estrategia asume como adaptación la proporcionada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, que se refiere al ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que modera el daño o aprovecha las oportunidades beneficiosas (IPCC 2007).

Cuadro 1. Principales instrumentos público-ambientales de Hidalgo.

Instrumento	Materia	Descripción	Año de publicación
Ley de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo	Cambio climático	Contempla estrategias para reducir riesgos y consecuencias del cambio climático (control de emisiones y deforestación, eficiencia energética)	2013
Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo 2017-2022 (PSMARNH)	Medio ambiente y recursos naturales	Documento rector a nivel estatal. Contiene los objetivos, prioridades, estrategias y políticas que guiarán la planeación y el desempeño del sector ambiental	2017
Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo (PEACCH)	Cambio climático	Análisis estratégico y multidisciplinario sobre medio ambiente. Es punto de partida para el diseño de cursos de acción encaminados a resolver las problemáticas presentes en el estado	2013
Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo 2106-2024 (ProAire)	Calidad del aire	Contempla estrategias para reducir y mitigar la emisión de contaminantes provenientes de la acción humana, las fábricas, las actividades comerciales, las viviendas y el transporte	2016
Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES)	Conservación de ecosistemas y biodiversidad	Otorga apoyo económico a grupos organizados con el objetivo de promover proyectos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las regiones prioritarias, mediante un aprovechamiento sostenible	2009

Fuente: elaboración propia.

La estrategia contempla seis temas rectores: recursos hídricos, cambio climático, mantenimiento de ecosistemas naturales, uso de energías para el desarrollo sostenible, estrategias productivas más resistentes ante el cambio climático, y capacidades del sector industrial en el marco de un desarrollo biológicamente sostenible. Para su adecuado tratamiento, las acciones a seguir se inscriben dentro del marco de políticas públicas que contemplan y apoyan medidas de adaptación ante el cambio climático, lo mismo que incentivos a la educación, a la investigación y al uso de tecnologías que favorezcan el desarrollo sostenible.

El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo (ProAire) es una respuesta a la preocupación de los gobiernos ante los riesgos ambientales y efectos en la salud de las personas, vinculados a la calidad del aire. Las estrategias están dirigidas fundamentalmente a reducir las emisiones provenientes de fuentes móviles (p.e. programa de verificación vehicular obligatorio, diagnóstico ambiental automotriz, impulso de la movilidad integral en el estado), de fuentes fijas (p.e. plan de emisiones industriales, aprovechamiento de residuos, modernización de plantas de generación eléctrica)⁶ y de fuentes

⁶ El artículo 111 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) considera como fuentes fijas de jurisdicción federal a las industrias químicas, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tinas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos (SEDUE 1988).

de área⁷ (p.e. involucra al sector ladrillero, los residuos sólidos urbanos y de manejo especial,⁸ la quema agrícola e incendios forestales, el uso del recurso solar y las eco-tecnologías). También buscan impulsar el fortalecimiento institucional con un sistema de monitoreo atmosférico en el estado, un inventario de emisiones y un programa de educación ambiental (Gobierno del Estado 2016b).

Todas estas acciones se complementan con el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES),⁹ impulsado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), que en Hidalgo a partir de 2018 únicamente se opera en las ANP de carácter federal Barranca de Metztitlán, El Chico, Los Mármoles, Tula y Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa.

Conclusiones y recomendaciones

Los factores que ponen en riesgo la conservación de la biodiversidad hidalguense –y en los que se enfoca la política ambiental del estado– se centran en la contaminación del agua y el aire, así como en la mala gestión del territorio, generadas por las zonas con mayor desarrollo económico. Las zonas más pobres son las más vulnerables frente a fenómenos hidrometeorológicos provocados por la contaminación que se ha generado, y son también lugares con una amplia riqueza forestal y natural. Los temas que se han incluido en la agenda de gobierno son muy amplios: el cambio climático, el desarrollo sos-

tenible, las áreas naturales protegidas, la calidad del aire, el uso de ecotecnologías y el ordenamiento ecológico territorial, por mencionar algunos.

Ante esta situación, el gobierno estatal ha emprendido medidas para mitigar los efectos nocivos al medio ambiente. Un aspecto relevante es el esfuerzo por diseñar acciones a partir de diagnósticos que dimensionan los riesgos y peligros ecológicos; sin embargo, aún es necesario realizar análisis más precisos y contextualizados para el diseño de programas públicos. Estas acciones han incluido reformas legales, creación de instituciones, elaboración de documentos rectores en materia medioambiental, y el diseño e implementación de programas. Las reformas e instrumentos tienen como característica la transversalidad, la perspectiva de género, la inclusión (priorizando a la población indígena) y la participación de la sociedad. Todas las medidas están alineadas a las políticas ambientales nacionales e internacionales, y resalta la consideración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los resultados de dichos instrumentos se podrán evaluar a largo plazo.

Uno de los grandes pendientes es considerar, dentro de la política ambiental estatal, acciones encaminadas a solucionar los problemas relativos a invasiones biológicas. Al parecer no hay un organismo público que se encargue de estas acciones. Deben incluir un recuento exhaustivo de las especies invasoras presentes en territorio hidalguense, y planes de control para saber cómo actuar en tales casos.

Referencias

Camacho, C. 2007. *Altamente contaminadas, dos presas de Hidalgo*. En: <<https://www.jornada.com.mx/2007/02/17/index.php?section=estados&article=033niest>>, última consulta: octubre de 2019.

COESPO. Consejo Estatal de Población. 2018. *Hidalgo. Población Total por municipio y tasa de crecimiento 2010-2015*. En: <<http://poblacion.hidalgo.gob.mx/pdf/trasa%20rec%202010-2015.pdf>>, última consulta: octubre de 2019.

⁷ Incluyen una o varias actividades distribuidas en un área determinada, cuyas contribuciones particulares, a diferencia de las fuentes fijas puntuales, no pueden identificarse y evaluarse de forma precisa (SEMARNAT 2017). Son un conjunto de fuentes fijas, integrado principalmente por establecimientos comerciales y de servicios, que debido a su tamaño, dispersión y cantidad hacen impráctico estimar sus emisiones de manera individual (SEMARNAT e INECC 2013).

⁸ La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) entiende por residuos de manejo especial a aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (SEMARNAT 2003).

⁹ A nivel federal, cuentan con tres modalidades de apoyo (estudios técnicos, proyectos y cursos de capacitación), y con brigadas de contingencia ambiental para prevenir, mitigar y restaurar situaciones de riesgo ecosistémico derivado de incendios forestales, actividades humanas o fenómenos naturales (SEMARNAT 2015).

- COFOIN. Corporación de Fomento de Infraestructura Industrial. 2018. *Hidalgo. Parques industriales*. En: <<http://cofoin.hidalgo.gob.mx/infraestructura/parquesindustriales.html>>, última consulta: octubre de 2019.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2019. *¿Qué es la biodiversidad?* En: <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/que_es.html>, última consulta: enero de 2019.
- Congreso del Estado. 2010. *Decreto Núm. 429. Que modifica diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública, de la Ley de Planeación para el Desarrollo, de la Ley para la Protección al Ambiente, de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, de la Ley de Asentamientos Humanos, de la Ley de Protección y Trato Digno para los Animales, de la Ley Estatal de Agua y Alcantarillado, de la Ley de Desarrollo Agrícola Sustentable, de la Ley de Desarrollo Pecuario, de la Ley de Turismo, de la Ley de Salud, de la Ley de Educación, de Ciencia Tecnología e Innovación, de la Ley de Expropiación por causa de Utilidad Pública, todas del Estado de Hidalgo*. Publicado el 13 de diciembre de 2010 en el Periódico Oficial del Estado. Texto vigente.
- Consejo Estatal de Población. 2015. *Hidalgo. Índices y Grados de Marginación por Municipio, 2010*. En: <http://poblacion.hidalgo.gob.mx/pdf/Hgo_municipios_marginacion_2010.pdf>, última consulta: octubre de 2019.
- Cornejo, F.M., M. López, R.I. Beltrán *et al.* 2012. Degradación del suelo en el Distrito de riego 003 Tula, Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(2):873-880.
- El Independiente. 2018. *Atitalaquia y Pachuca, los más contaminados*. En: <<https://www.elindependientedehidalgo.com.mx/atitalaquia-pachuca-los-contaminados/>>, última consulta: febrero de 2018.
- Gobierno del Estado. 2011. *Actualización del Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2011-2016*. En: <<http://transparencia.hidalgo.gob.mx/descargables/dependencias/mambiente/psma.pdf>>, última consulta: febrero 2018.
- _____. 2013. *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo*. En: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170327/2013_hgo_peacc_parte1.pdf>, última consulta: octubre 2019.
- _____. 2016a. *Plan Estatal de Desarrollo Hidalgo 2016-2022 Visión prospectiva 2030*. En: <<http://planestataldedesarrollo.hidalgo.gob.mx/>>, última consulta: febrero 2018.
- _____. 2016b. *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo, México.
- _____. 2017. *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2017-2022*. En: <<http://transparencia.hidalgo.gob.mx/descargables/dependencias/mambiente/ProgSec2017.pdf>>, última consulta: febrero 2018.
- Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (eds.). 2017. *Biodiversidad del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/ Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- IMCO. Instituto Mexicano de la Competitividad A.C. 2016. *Índice de Competitividad Estatal 2016*. IMCO, México.
- IMTA, CONABIO, GECI, Aridamérica y TNC. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Grupo de Ecología y Conservación de Islas, Aridamérica y The Nature Conservancy. 2017. *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México*. IMTA, Morelos.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2015. *Cuéntame. Información por entidad, Hidalgo*. En: <<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/poblacion/vivienda.aspx?tema=me&e=13>>, última consulta: octubre de 2019.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat. 2007. *Fourth Assessment Report*. IPCC, Suiza.
- Madueño-Paulette, R. 2000. La Huasteca hidalguense: pobreza y marginación social acumulada. *Sociológica* 15(44):97-131.
- Montoya, J.R. 2019. *Amenazan lirio y tule la laguna de Tecocomulco*. En: <<https://www.jornada.com.mx/2019/08/19/estados/029n2est>>, última consulta: octubre de 2019.
- Ocádiz, C. 2019. *Combate al lirio, sin presupuesto*. En: <<https://www.elsoldetulangingo.com.mx/local/combate-al-lirio-sin-presupuesto-3070643.html>>, última consulta: octubre de 2019.
- Ontiveros-Capurata, R.E., L. Diakite-Diakite, M.E. Álvarez-Sánchez y P.M. Coras-Merino. 2013. Evaluación de aguas residuales de la Ciudad de México utilizadas para riego. *Tecnología y Ciencias del Agua* 4(4):127-140.
- SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Publicada el 28 de enero de 1988 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 5 de junio de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Publicada el 8 de octubre de 2003 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de enero de 2018.
- _____. 2015. *Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible*. En: <<https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programa-de-conservacion-para-el-desarrollo-sostenible-procodes-57997>>, última consulta: mayo de 2017.

____. 2017. *Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Visión 2017-2030*. SEMARNAT, México.

SEMARNAT e INECC. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2013. *Guía metodológica para la estimación de emisiones de fuentes fijas*. SEMARNAT/INECC, México.

Téllez, I. 2017. *En México, 46% de las especies invasoras nocivas*. En:

<<https://www.milenio.com/cultura/en-mexico-46-de-las-especies-invasoras-nocivas>>, última consulta: febrero de 2018.

UNIBIO. Unidad de Informática para la Biodiversidad de la Universidad Nacional Autónoma de México. 2013. *Monitoreo del estado de las invasiones biológicas de plantas en México*.

En: <<http://www.unibio.unam.mx/invasoras/#especiesxecosistemas>>, última consulta: octubre 2019.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



ESTUDIO DE CASO

Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán: oportunidades de mejora a partir de la percepción de sus habitantes

Ma. del Carmen López Ramírez
y María del Consuelo Cuevas Cardona

Introducción

Durante el siglo XX, los esfuerzos de conservación ambiental estuvieron enfocados en la creación de áreas naturales protegidas (Toledo 2005). En 1971 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) creó el programa científico intergubernamental El Hombre y la Biosfera, con la intención de

establecer una base científica que mejorara las relaciones entre las personas y su medio ambiente; así se esbozó el concepto que actualmente se identifica como desarrollo sustentable.

Para lograrlo fue necesario analizar los conocimientos generados desde un punto de vista interdisciplinario y contar con una mayor capacitación en gestión de los recursos naturales. Una forma de iniciar fue con la selección de áreas geográficas representativas de los distintos hábitats del planeta. Así surgió el concepto de reserva de la biosfera, como una opción para lograr la conservación de la biodiversidad a través de la promoción del desarrollo sustentable, basado en los esfuerzos de las comunidades locales y la ciencia. Hoy en día, la Red Mundial de Reservas de la Biosfera cuenta con 669 reservas en 120 países de todo el mundo (UNESCO 2018), 45 de ellas en México (CONABIO 2018).

Las reservas de la biosfera representan una estrategia oficial para lograr la conservación de las especies biológicas en comunión con las necesidades de las poblaciones que habitan en ellas. Se han creado opciones de manejo con programas de educación ambiental y proyectos productivos, con el objetivo de que las comunidades que viven dentro de una reserva participen, adquieran nuevos conocimientos y obtengan beneficios de conservar y aprovechar sus recursos naturales.

Establecimiento de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM)

La historia de la RBBM se remonta a los años sesenta y setenta, cuando se señaló su importancia para la conservación de cactáceas con los estudios de Hernando Sánchez Mejorada y de Helia Bravo-Hollis (2004). Posteriormente se iniciaron una serie de trabajos (p.e. ordenamientos ecológicos) para promover la barranca de Metztitlán como una zona protegida. Finalmente, cuando Julia Carabias fue titular de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), los trabajos para el establecimiento de esta área natural protegida fueron una realidad (Cuevas-Cardona *et al.* 2008).

López-Ramírez, C. y C. Cuevas-Cardona. 2021. Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán: oportunidades de mejora a partir de la percepción de sus habitantes. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 444-447.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Durante el proceso de establecimiento colaboraron la SEMARNAP, el Consejo Estatal de Ecología del Estado de Hidalgo (COEDE), el Centro de Educación Ambiental e Investigación de la Sierra de Huautla de la Universidad Autónoma de Morelos (CEAMISH), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), la Fundación Arturo Herrera Cabañas, la Secretaría de Turismo y habitantes del municipio Metztlán interesados en la conservación de las cactáceas, pues habían presenciado el saqueo indiscriminado de estas plantas por años. El decreto de esta área natural protegida se dio el 22 de noviembre de 2000, durante la presidencia de Ernesto Zedillo Ponce de León. La RBBM se ubica en los municipios Acatlán, Atotonilco El Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metztlán, San Agustín Metzquitlán, Metepec y Zacualtipán de Ángeles, con una superficie total de 96 043 ha que albergan ecosistemas como matorral xerófilo, bosque templado, pastizal y selva alta perennifolia (CONANP 2003).

Estrategias para la conservación de las cactáceas de la RBBM

En 2002 la reserva promovió el establecimiento de varias unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) con la finalidad de reproducir cactáceas para contribuir a su conservación y al mismo tiempo comercializarlas de forma legal. Sin duda éste es uno de los programas más fuertes de conservación en la reserva. Para el 2013 se contaba ya con un aprovechamiento de 100 mil plantas anuales comercializadas legalmente. Un mercado importante lo constituye la misma región, pero también se venden en otros estados del país; por ejemplo, el vivero Florycactus tiene compradores de Xochimilco (Juárez 2012). En algunos casos la comercialización ha presentado problemas, sobre todo en la organización interna de los grupos de trabajo, lo que ha desanimado el trabajo colectivo.

Opiniones para mejorar la conservación y el aprovechamiento sustentable

Se realizaron entrevistas en profundidad a 22 personas en 12 comunidades de la vega de Metztlán:

Tlaxco, San Cristóbal, El Pedregal, Tezochuca, Zotoltepec, Metztlán, Atzolcintla, Itztzacuala, Chimalacatla, San Juan Metztlán, Tlazoquitipa y El Palmar, lo que permitió saber algunos aspectos de interés acerca de la reserva. Las personas manifestaron haber notado cambios importantes en la región después de que se convirtió en un área natural protegida. Aceptan que se han protegido las cactáceas y que esto ha permitido que sus poblaciones se recuperen. Consideran relevante que existan viveros que han promovido una nueva actividad económica y recuperan el paisaje natural. La importancia que la reserva ha dado a las cactáceas ha fortalecido la conciencia sobre su valor en el ecosistema, y ven positivamente el hecho de que se han emprendido acciones importantes para evitar deslaves, a través de la retención del suelo en las partes altas (Hernández 2013).

A pesar de esto, también hay inconformidades y desacuerdos con la administración de la reserva y fue posible identificar varias problemáticas. Un ejemplo es el conflicto por las restricciones del corte de la palma, lo que ha limitado severamente el poder adquisitivo de algunos pueblos con graves problemas de pobreza, ya que utilizaban las hojas para la elaboración de artesanías y objetos rituales. Por otra parte, en El Palmar y Zotoltepec principalmente, existe molestia y preocupación por la prohibición del libre pastoreo de cabras (Bautista 2013). A continuación, se incluyen algunos comentarios al respecto:

- “Esto es un grave problema para nosotros; imagínese, mi mamá vive sola y tiene unos cuantos chivos, es una persona de casi 90 años y difícilmente puede servirse un vaso de agua, mucho menos va a ir por pastura para sus animales, es imposible; como ella existen varios casos” (Badillo 2013).
- “La reserva ha venido a regresar algo de lo que estaba, pero también ha venido a quitar lo que teníamos” (Moedano 2013).

De igual forma se menciona que hay situaciones apremiantes que no han sido tratadas, como la contaminación del agua del río que termina en la laguna. Esto ocasiona que los peces se contaminen y la demanda en el mercado disminuya, de manera que solicitan la implementación de una planta tratadora

de agua. Otra anotación es que existe poco personal para el manejo de la reserva, considerando su gran amplitud. Esto impide que se atiendan llamados de la población; de hecho, la gente piensa que se desprecia su opinión y conocimientos, y que se ignoran sus necesidades. Al respecto, un pescador de San Cristóbal comentó que la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) llevó un programa de cría de peces, pero que el programa se implementó sin tomar en cuenta opiniones y conocimientos locales, lo que ocasionó gran molestia y posteriormente el fracaso del proyecto.¹

Otra situación problemática es la dificultad de desarrollar planes en los que trabajen varias personas, pues generalmente se presentan desacuerdos, lo que ha llevado a la separación de los grupos existentes y a la disminución del potencial de los proyectos. Aunque se ha promovido el ecoturismo, no se han podido desarrollar proyectos de este tipo. Esto se debe en parte a que Metztitlán no es una zona de paso. Su situación geográfica la convierte en un sitio poco accesible y difícil de transitar, lo que podría remediarse si se diera a conocer su belleza, tanto natural como cultural, pues en distintos puntos se encuentran pinturas rupestres y en lo alto de la cabecera se eleva el convento de los Santos Reyes, del siglo xvi.

En la información obtenida mediante las entrevistas también se destaca que las condiciones climáticas han cambiado. Entre estos cambios se señala la ausencia de temporales (periodos de lluvia constante por más de ocho días), así como variaciones en cuanto a las temperaturas máximas y mínimas. Los entrevistados lo atribuyen a la contaminación en general y al uso inmoderado de agroquímicos, por lo que piden asesorías para lograr el mejoramiento del uso de la tecnología agrícola. También coincidieron en señalar que, a pesar de los esfuerzos, han disminuido los árboles de mezquite, de nogal y los encinos, hecho que atribuyeron al aumento de la población que emplea estas plantas para levantar cercas o que las utiliza como leña; o bien, al hecho de que se ha talado y quitado vegetación con el fin de dejar espacio para la construcción de viviendas.

En cuanto a los animales, los informantes coincidieron en enfatizar la disminución de coyotes, armadillos, zopilotes, águilas, víboras de cascabel, conejos, zorras y tlacuaches. Al igual que con las plantas, una explicación recurrente fue el aumento de la población y en consecuencia el crecimiento de la mancha urbana que ocasiona que los animales desaparezcan o sean ahuyentados, aunque también se identificó a la cacería como factor de presión.

Conclusiones

Las entrevistas que se realizaron formaron parte de un trabajo más amplio que pretendía conocer aspectos de la vida cotidiana de las personas que habitan el área protegida. Sin embargo, inevitablemente surgió la percepción que se tiene sobre la administración de la reserva. Cada entrevistado expresó aspectos a favor y en contra, varios de ellos están tratando de adaptarse a vivir bajo las condiciones que les han sido impuestas a favor de la conservación, y hacen lo posible por generar un ambiente llevadero bajo su condición de habitantes de una reserva para subsistir día a día.

Un aspecto relevante es el hecho de que las poblaciones quieren ser escuchadas, desean ser tomadas en cuenta por las autoridades y los expertos. Necesitan expresar su parecer sobre las prohibiciones que se les han impuesto y aportar su experiencia en la solución de los problemas, formar parte de los programas de conservación de la región; porque, finalmente, ellos son los que la habitan y la conocen. La educación que se imparte debería ser acorde con esto, formar profesionales que logren la restauración de los ecosistemas. En lugar de eso se han establecido escuelas en las que enseñan agricultura convencional, con uso de plaguicidas, fertilizantes y plásticos. Esto es una muestra de que no existe una coordinación que lleve a todos los actores a la conservación. La falta de personal en la administración podría apoyarse con trabajadores provenientes de la región, cuyas propuestas y conocimientos aportarían a mejorar la gestión de la reserva. Después de todo, este es uno de los planteamientos que se establecieron al crear el concepto de reservas de la biosfera.

¹ Conversación con pescadores del pueblo de San Cristóbal, Metztitlán, 2013.

Referencias

- Badillo, A. 2013. Pobladora originaria de El Pedregal. Comunicación personal, julio.
- Bautista, F. 2013. Poblador originario de Zotoltepec. Comunicación personal, julio.
- Bravo-Hollis, H. 2004. *Memorias de una vida y una profesión*. UNAM, México.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2018. *Áreas protegidas en México*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>>, última consulta: 27 de enero de 2018.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. SEMARNAT, México.
- Cuevas-Cardona, C., A.P. Martínez-Falcón y O. Molina-González. 2008. Los científicos en la creación de las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo. En: *Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo*. G. Pulido-Flores, A.L. López Escamilla y M.T. Pulido-Silva (eds). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, pp. 1-22.
- Hernández, F. 2013. Poblador originario de Zotoltepec. Comunicación personal, julio.
- Juárez, E. 2012. Pobladora originaria de Metztitlán. Comunicación personal, abril.
- Moedano, A. 2013. Poblador originario de Metztitlán. Comunicación personal, junio.
- Toledo, V. 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia biorregional? *Gaceta Ecológica* 77:67-83.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2018. *Reservas de la Biosfera*. En: <<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>>, última consulta: 27 de enero 2018.



ESTUDIO DE CASO

Rancho Santa Elena: transitando hacia el aprovechamiento sustentable del capital natural

Miguel Ángel Martínez Morales¹, Iriana Leticia Zuria Jordan,
Martha Cecilia Chávez Peón Hoffmann-Pinther,
Roberto Gabriel Campuzano Velasco

Introducción

El sistema de áreas naturales protegidas (ANP) en México, con todo y sus limitaciones, es uno de los instrumentos de política pública más consolidados para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, las ANP sólo incluyen una limitada superficie del país (lo que también es cierto a nivel global) y,

además, lo que ocurre fuera de sus límites puede incidir de manera importante en su estado de conservación y viabilidad (Radeloff *et al.* 2010, Mora y Sale 2011, Laurence *et al.* 2012). En este sentido, la conservación de la biodiversidad no sólo debe considerar lo que ocurre dentro de las ANP, sino también lo que se presenta más allá de sus límites, ya que en muchas ocasiones esto puede ser más determinante en la conservación de la biodiversidad regional.

Lo que ocurre fuera de las ANP incluye todas aquellas prácticas productivas y de uso de los recursos naturales que se llevan a cabo en los territorios de propiedades comunales y privadas, e inclusive en asentamientos rurales y urbanos; esas prácticas pueden ser determinantes en la conservación de la biodiversidad a largo plazo. En este trabajo se presentan las estrategias de conservación y desarrollo sustentable del Rancho Santa Elena (RSE), un conjunto predial privado con cobertura boscosa de poco más de mil hectáreas ubicado en el municipio Huasca de Ocampo, al centro-este de la entidad (figura 1).

Contexto socio-ambiental

El RSE está ubicado al este de la sierra de las Navajas, la cual recibe su nombre por el hecho de haber representado una fuente importante de obsidiana en el mundo prehispánico, lo cual aún hoy es evidente por la abundancia de fragmentos y núcleos de este vidrio volcánico. Este macizo montañoso se ubica en la porción más sureña de la sierra de Pachuca (en donde se localiza el Parque Nacional El Chico), cuyos bosques han estado sujetos a fuertes presiones de deforestación y fragmentación antropogénica.

La sierra de las Navajas está cubierta, en su mayor parte, por bosques templados de pino (*Pinus spp.*) y pino-encino (*Pinus-Quercus*), aunque en sus partes más altas se presentan rodales o sitios con dominancia de oyamel (*Abies sp.*) y pinabeto (*Pseudotsuga sp.*). Dada su complejidad orográfica, la sierra de las Navajas constituye una de las zonas mejor conservadas

Martínez-Morales, M.A., I. Zuria, M.C. Chávez Peón y R.G. Campuzano V. 2021. Rancho Santa Elena: transitando hacia el aprovechamiento sustentable del capital natural. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 448-455.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

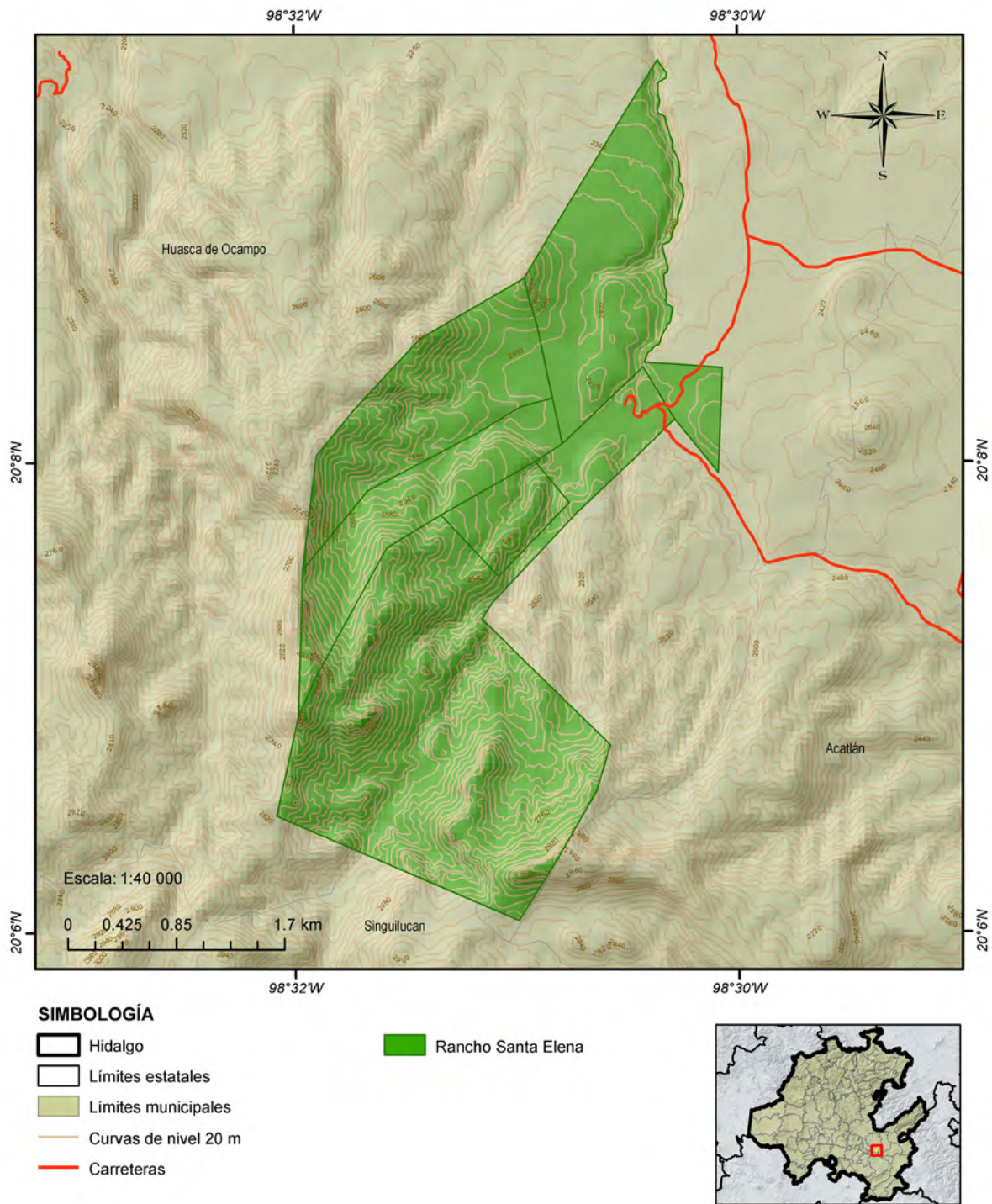


Figura 1. Ubicación del Rancho Santa Elena. Fuente: elaboración propia.

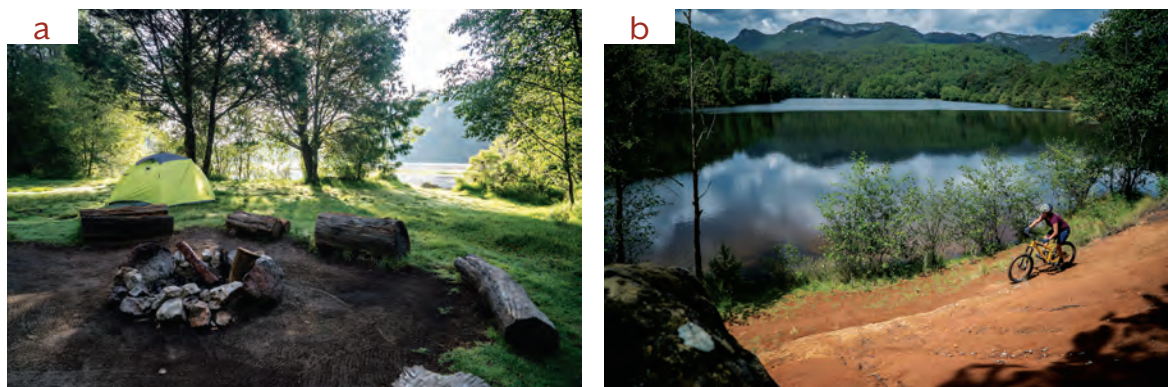


Figura 2. Actividades de ecoturismo que se practican en el Rancho Santa Elena: a) campismo; b) ciclismo de montaña. Fotos: Rancho Santa Elena.

y más extensas de bosque templado en Hidalgo. Su cobertura boscosa continua se extiende por aproximadamente 16 mil hectáreas; además, se presentan fragmentos dispersos de bosque de diferentes tamaños y estados de conservación. La vegetación dentro del RSE está compuesta principalmente por bosques nativos, y en menor proporción por bosques en algún estado sucesional y plantaciones forestales con especies nativas de pino (*Pinus patula*, *P. teocote*, *P. greggii* y *P. montezumae*, principalmente).

La mayor parte de la sierra de las Navajas está bajo un régimen de propiedad comunal, pero también existen propiedades privadas y algunos asentamientos humanos. En las zonas de bosque se han llevado a cabo aprovechamientos forestales, en algunos casos de manera planificada y en otros con una lógica más extractiva. En las zonas de valle, principalmente en las áreas colindantes con la sierra, se realiza la agricultura de temporal y en menor grado la ganadería. Asimismo, se hace una extracción no regulada de recursos forestales no maderables como hongos, laurel (*Litsea glaucescens*), leña, ocote, musgo, heno, tierra de monte y helechos, así como la cacería incidental de conejos, ardillas y la captura esporádica de algunas especies de aves (obs. pers.).

Reconversión productiva

A partir de la década de los noventa, el RSE optó por reorientar sus actividades productivas, al pasar de agropecuarias y forestales hacia un aprovechamiento sustentable de su capital natural. La producción de ganado bovino y ovino se dejó de practicar en

1990, mientras que la agricultura en la zona de valle del RSE se practicó hasta 1992 debido a la erosión del suelo. La transformación de las actividades productivas surgió de la iniciativa de los manejadores del rancho quienes, al percatarse del paulatino deterioro ambiental por el modelo productivo en curso, asumieron el riesgo de tomar un camino alternativo hacia un aprovechamiento sustentable del capital natural.

Así, las actividades productivas se reorientaron hacia el ecoturismo, la educación ambiental, el deporte de aventura, el aprovechamiento planificado de recursos forestales maderables y no maderables, la conservación, la provisión de servicios ecosistémicos, la investigación y la docencia. Este cambio ha ocurrido de manera continua, y aunque ha seguido una estrategia de ensayo y error, también se ha alimentado de la adopción de experiencias adquiridas en otros sitios (actividades productivas alternativas, estrategias organizativas y de la adopción de nuevas tecnologías y procesos) y de una importante vinculación con instituciones académicas, entre ellas la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y la Universidad Autónoma de Chapingo, instituciones educativas locales (p.e. Telesecundaria 674 de Mixquiapan, Acatlán), del estado (p.e. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Pachuca, Colegio Montessori Arboledas Pachuca) y de estados colindantes (Ciudad de México, Estado de México, Morelos), así como con diversas organizaciones sociales.

Este proceso, si bien ha mostrado éxito en muchos sentidos, no ha sido un camino fácil ya que ha



Figura 3. a) Participación de jóvenes en actividades de reforestación; b) inclusión en el programa de conservación de suelo en cárcavas. Fotos: Rancho Santa Elena.

tenido que sortear coyunturas económicas (p.e. fluctuaciones en el acceso a apoyos y créditos), políticas (p.e. presiones durante las campañas de candidatos locales) y sociales (acuerdos y desacuerdos con las comunidades aledañas). En lo referente a la vinculación del RSE con las comunidades aledañas, la relación ha sido ambivalente. Por un lado, la reconversión productiva en el RSE no sólo ha generado empleos para algunos habitantes de las comunidades locales, sino que también ha representado una vía de desarrollo personal y comunitario al hacer accesibles otros marcos referenciales. Por otra parte, han ocurrido diferencias al contraponerse visiones distintas en el uso o el acceso a los recursos; por ejemplo, la construcción o ampliación de caminos y la sustracción furtiva de recursos, entre otros.

Ecoturismo, educación ambiental y deporte de aventura

Actualmente el ecoturismo, vinculado con la educación ambiental y el deporte de aventura, representa la principal actividad económica del rancho. Estas actividades consisten en la realización de visitas que pueden incluir campismo, recorrido de senderos a pie o en bicicleta, actividades lúdicas y deportivas al aire libre, y observación de flora y fauna, entre otras (figura 2). Para esto se ha construido o adecuado la infraestructura necesaria (p.e. comedor, dormitorios, sitios para acampar, baños y letrinas, senderos) y se proporcionan servicios (guía, mapas, guías de flora y fauna, recolección de desechos, entre otros) para que la estancia sea placentera, los visitantes se sensibilicen del valor de conservar la

biodiversidad y el entorno no se vea impactado por estas actividades.

La capacidad de carga de visitantes se ha definido en función de las instalaciones e infraestructura disponible, las actividades a realizar y de la capacidad del personal para proporcionar un servicio adecuado a los visitantes. Por ejemplo, dada la disponibilidad de dormitorios y sitios para acampar, en el RSE existe la capacidad de dar cabida de manera simultánea a poco más de 400 personas; sin embargo, el factor limitante en este caso es la disponibilidad de otra infraestructura y servicios como pueden ser los servicios sanitarios, lo que reduce sustancialmente la capacidad de carga de visitantes. Otro ejemplo es la cantidad de ciclistas que pueden recorrer los senderos de manera simultánea. Si bien existen casi 20 km de senderos, la capacidad de carga está limitada por factores como el número y tamaño de grupos de ciclistas que pueden ser atendidos por guías; así, se ha estimado que 19 es el número máximo de grupos de ciclistas (uno de cada 10 personas) que se podrían atender en un día.

Durante su estancia, los visitantes se ven expuestos a prácticas ambientalmente amigables como la apreciación del entorno natural, la separación de desechos, el composteo y el uso de energías renovables, entre otras. Desde 2014, el RSE es reconocido con la certificación nivel I y desde 2018 con la certificación nivel II de la norma mexicana sobre ecoturismo sustentable NMX-AA-133-SCFI-2013 (SE 2014), en la modalidad de instalaciones y actividades, otorgada por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C.

Entre las consideraciones para obtener esta certificación se establece que los prestadores de servicios turísticos deben promover la conservación del bosque y su biodiversidad; favorecer el uso de energía solar, plantas tratadoras de agua y baños secos, entre otras instalaciones ambientalmente amigables; realizar actividades al aire libre sin perturbar el ecosistema, así como ser una organización socialmente responsable. El éxito del ecoturismo dentro del rancho está vinculado a la belleza escénica del entorno natural, su tranquilidad, el ambiente seguro, el buen servicio e instalaciones, así como las buenas relaciones interpersonales que se han establecido con los visitantes.

En el RSE las actividades de educación ambiental con instituciones educativas son particularmente importantes. Su finalidad es la de acercar a los niños y jóvenes con la naturaleza e involucrarlos activamente en prácticas sustentables (figura 3). En los últimos años, el número de visitantes al RSE ha llegado a más de 2 mil personas por año, y cerca de una tercera parte corresponde a niños menores a 12 años. En un mundo cada vez más urbanizado, existe una gran necesidad de orientar la educación para que las personas experimenten la biodiversidad de manera directa y presencial, lo que seguramente derivará en un interés genuino por conservar los ecosistemas naturales.

Aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables

El aprovechamiento forestal en el rancho comenzó en 1979, en el momento en que se levantó la veda forestal en Hidalgo. Hasta 1985 se efectuaron cinco intervenciones mediante el método de áreas de regeneración con árboles padre (que consiste en remover la mayoría de los árboles y dejar sólo árboles semilleros), aunque en algunos rodales también se plantaban plántulas de *Pinus patula* y *P. teocote*. De 1991 a 2006 se llevó a cabo un aprovechamiento con base en un estudio de manejo integral forestal autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y en 2008 se implementó un programa de manejo forestal avanzado a 10 años en 300 ha, que incluyó aproximadamente 45 ha de plantaciones forestales.

El programa original se modificó en intensidad con el objeto de reducir las afectaciones a la belleza

escénica de la zona, en beneficio de las actividades turísticas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Este aprovechamiento fue evaluado satisfactoriamente mediante una auditoría técnica y todos los aprovechamientos forestales han estado apegados a la NOM-061-SEMARNAT-1994 (SEDESOL 1994). El aprovechamiento forestal, que básicamente se limita a la venta de madera en rollo, ha sido la segunda principal actividad económica del RSE.

Asimismo, el rancho está registrado como una unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA extensiva) para el aprovechamiento sustentable de cuatro especies nativas: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*), guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo intermedia*), laurel (*Litsea glaucescens*) y hongo blanco (*Tricholoma magnivelare*). Cabe señalar que, aunque ya han sido elaborados y autorizados los correspondientes planes de manejo para estas cuatro especies, a la fecha no se ha realizado ningún tipo de aprovechamiento extractivo. En el caso del guajolote silvestre, su plan de manejo incluye su eventual reintroducción en la zona; mientras que los hongos de varias especies silvestres y el laurel en ocasiones son utilizados para autoconsumo y para llevar a cabo actividades de educación ambiental.

Conservación y provisión de servicios ecosistémicos

El buen estado de conservación del RSE es evidente por la extensión de su cobertura de vegetación nativa (mayor a 95%) de la cual, más del 90% corresponde a cobertura boscosa. A excepción de las 45 ha de plantaciones forestales, los bosques nativos presentan una buena estructuración vertical (es decir, tienen un sotobosque y estratos medios bien definidos y una buena cobertura de dosel), al igual que aquellos rodales que fueron sujetos a aprovechamiento forestal y ahora se encuentran en algún estado sucesional (obs. pers.).

La diversidad de flora y fauna es notable para un bosque templado e incluye varias especies endémicas y consideradas en riesgo a nivel nacional. Por ejemplo, se han registrado casi 130 especies de vertebrados (aves, mamíferos, reptiles y anfibios, apéndice 23; Coronel-Arellano 2004, Martínez-Morales et al. 2013), varias especies de bromelias y orquídeas, así como numerosas especies de helechos y hongos

(Vázquez-Chun *et al.* 2016). Incluso se han encontrado y descrito nuevas especies de invertebrados (Aspöck y Contreras-Ramos 2004, Saavedra-Aguilar y Romero-Nápoles 2010, Zaragoza-Caballero 2017).

De 2009 a 2018, a través del programa ProÁrbol de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se destinaron 190 ha de bosque nativo para la provisión de servicios ambientales hidrológicos; aunque ya concluyó el periodo de esta designación oficial, se continúa con la provisión de este servicio ecosistémico de manera voluntaria en dicha superficie. No obstante, dado el buen estado de conservación de la cobertura boscosa del RSE en su conjunto, la provisión de servicios ecosistémicos es proporcionada *de facto* por prácticamente toda la superficie del rancho, donde además de la captación de agua, también existe captura de carbono, retención de suelos, generación de oxígeno y se coadyuva a mantener la biodiversidad regional.

Investigación y docencia

A partir de la primera década del siglo XXI, se consolidó y sistematizó el desarrollo de investigaciones científicas en el RSE a través del establecimiento de vínculos con instituciones académicas como la UNAM, la UAEH y la Universidad Autónoma de Chapingo. Estos estudios han sido principalmente de corte biológico y ecológico, con lo cual se ha generado un acervo de información que ha favorecido la valoración del capital natural del rancho y sus alrededores, además de permitir planificar mejor sus actividades.

Se han generado 25 publicaciones científicas entre artículos, capítulos de libros y tesis, además

de publicaciones de divulgación. Esta información ha permeado en los pobladores de las comunidades colindantes a través de la educación ambiental y también ha incidido en la formación académica de estudiantes de diferentes niveles e instituciones educativas, a través de visitas regulares y prácticas de campo. En 2011, se firmó un convenio con la UNAM para desarrollar investigación y realizar actividades de docencia dentro del RSE. Aunque la vinculación con otras instituciones académicas no se ha formalizado a través de la firma de convenios, la interacción con ellas también es muy intensa.

Conclusiones

El RSE se ha constituido en un modelo de desarrollo sustentable a nivel regional que bien podría adoptarse, con sus debidas adecuaciones, en otros predios tanto comunales como privados de la sierra de las Navajas y otras regiones análogas. Los organismos públicos encargados de la conservación y administración del capital natural podrían hacer uso de estas experiencias exitosas para replicarlas de manera más amplia. Como cualquier otra estrategia de desarrollo, ésta tendrá que amoldarse –según se requiera– a los cambios regionales y globales en los contextos naturales y sociales. En este sentido, la investigación socio-ambiental es fundamental para evaluar estados y tendencias de los componentes del sistema y ofrecer las herramientas y estrategias óptimas para continuar con el aprovechamiento sustentable del capital natural en un mundo cambiante.

Referencias

- Aspöck, U. y A. Contreras-Ramos. 2004. *Alena (Aztecoraphidia) hortaspoecki* nov. spec. - a new snakefly from Mexico (Raphidioptera, Raphidiidae). *Denisia* 13:129-134.
- Coronel-Arellano, H. 2004. *Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Laurence, W.F., D.C. Useche, J. Rendeiro *et al.* 2012. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* 489(7415):290-294.
- Martínez-Morales, M.A., V. Mendiola-Islas, I. Zuria *et al.* 2013. La conservación de las aves más allá de las áreas naturales protegidas: el caso de la avifauna del Rancho Santa Elena, Hidalgo. *Huitzil. Revista Mexicana de Ornitología* 14(2):87-100.
- Mora, C. y P.F. Sale. 2011. Ongoing global biodiversity loss and the need to move beyond protected areas: a review of the technical and practical shortcomings of protected areas on land and sea. *Marine Ecology Progress Series* 434:251-266.
- Radeloff, V.C., S.I. Stewart, T.J. Hawbaker *et al.* 2010. Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(2):940-945.

- Saavedra-Aguilar, M. y J. Romero Nápoles. 2010. A new species of *Aleiodes* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae, Rogadiinae) from Mexico. *Entomotropica* 25(1):19-23.
- SE. Secretaría de Economía. 2014. *Norma Mexicana NMX-AA-133-SCFI-2013*. Publicada el 7 de abril de 2014 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. 1994. *Norma Oficial Mexicana NOM-061-SEMARNAT-1994*. Publicada el 13 de mayo de 1994 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Vázquez-Chun, C., A.L. Salinas-Reyes y E. Guízar-Nolazco. 2016. *Estudio de flora del Rancho Santa Elena ubicado en el municipio de Huasca, Hidalgo*. Consultoría para el Desarrollo Forestal S.C. de R.L. de C.V., México (inédito).
- Zaragoza-Caballero, S. 2017. Una nueva especie de *Plateros* (Coleoptera: Lycinae: Platerodini) del estado de Hidalgo, México. *Dugesiana* 24(1):31-34.

Lista de publicaciones generadas de trabajos de investigación desarrollados en el RSE

- Aguilar, C. 2008. *Estimación de la población y uso del hábitat por los adultos del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en el Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Aspöck, U. y A. Contreras-Ramos. 2004. *Alena (Aztecoraphidia) hortaspoecki* nov. spec. - a new snakefly from Mexico (Raphidioptera, Raphidiidae). *Denisia* 13:129-134.
- Ávila-Gómez, E.S. 2010. *Selección de hábitat por Thanatophilus graniger (Coleoptera: Silphidae) en un bosque fragmentado en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Becerril-Tesillo, M. 2006. *Comparación de algunos parámetros poblacionales de Peromyscus maniculatus en áreas con diferente tipo de manejo forestal, en el Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Campuzano-Chávez, D. 2010. *Características del sitio de anidación de ardillas voladoras (Glaucmys volans) en un bosque de pino-encino en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Campuzano-Chávez-Peón, D., I. Zuria, I. Castellanos, J.E. Gates. 2014. Characteristics of nest-sites of the southern flying squirrel (*Glaucmys volans*) in a pine-oak forest of central Mexico. *The Southwestern Naturalist* 59(1):75-80.
- Chávez-Peón H.P., M.C. 2006. *Escalamiento de la diversidad de invertebrados en un bosque de pino-encino*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Coronel-Arellano, H. 2004. *Inventario de la mastofauna terrestre: el caso del Rancho Santa Elena, Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Hernández-Cid, E. 2008. *Uso de hábitat de los juveniles del venado cola blanca (Odocoileus virginianus) en el Rancho Santa Elena en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Hernández-Cumplido, J. 2005. *Influencia de las prácticas de manejo forestal sobre la abundancia relativa de Nicrophorus mexicanus Matthews (Coleoptera: Silphidae) en bosques templados de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Martínez-Falcón, A.P. 2006. *Dinámica de la trituración de la fracción foliar en función de la biodiversidad de invertebrados de la hojarasca en un bosque templado sujeto a manejo forestal*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Martínez-Morales, M.A., V. Mendiola-Islas, I. Zuria et al. 2013. La conservación de las aves más allá de las áreas naturales protegidas: el caso de la avifauna del Rancho Santa Elena, Hidalgo. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 14(2):87-100.
- Meléndez-Ordóñez, E. 2009. *Diversidad de Hemerobiidae (Insecta: Neuroptera) del Rancho Santa Elena, Huasca, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Menchaca-Armenta, I. 2004. *Fauna de Tipulidae (Insecta: Diptera) del Rancho Santa Elena, Huasca, Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Montiel-Pimentel, J.V. 2010. *Relación entre la abundancia de ácaros foréticos y la abundancia de Nicrophorus mexicanus (Coleoptera: Silphidae) a lo largo de un gradiente altitudinal en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Montiel-Pimentel, J.V., G. Montiel-Parra, I. Castellanos et al. 2009. Relación entre la abundancia de ácaros foréticos (Acari: Parasitidae: Poecilochirus sp.) y la abundancia de *Nicro-*

- phorus mexicanus* Matthews (Coleoptera: Silphidae) a lo largo de un gradiente altitudinal. *Entomología Mexicana* 8:226-228.
- Morales-García, J.J. 2005. *Ensamblaje de mamíferos terrestres en un bosque templado en áreas bajo diferente manejo forestal en Huasca de Ocampo, Hidalgo, México*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Moreno, C.E., R. Guevara, G. Sánchez-Rojas et al. 2008. Community level patterns in diverse systems: a case study of litter fauna in a Mexican pine-oak forest using higher taxa surrogates and re-sampling methods. *Acta Oecologica* 33(1):73-84.
- Pavón, N.P., A. Contreras-Ramos e Y. Islas. 2011. Diversity of arthropods preyed upon by the carnivorous plant *Pinguicula moranensis* (Lentibulariaceae) in a temperate forest of central Mexico. *Southwestern Naturalist* 56(1):78-82.
- Rosales-Cortez, J.R. 2009. *Variación en la abundancia, tamaño y asimetría corporal de Nicrophorus mexicanus (Coleoptera: Silphidae) a lo largo de un gradiente altitudinal en Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Sánchez-Loredo, M. 2009. *Relación entre la temperatura ambiental y la abundancia de Thanatophilus truncatus y T. graniger (Coleoptera: Silphidae) a lo largo de un gradiente altitudinal en el estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Sánchez-Loredo, M., I. Castellanos, E.S. Ávila-Gómez et al. 2009. Abundancia de *Thanatophilus graniger* Say y *T. truncatus* Chevrolat (Coleoptera: Silphidae) a lo largo de un gradiente altitudinal. *Entomología Mexicana* 8:299-302.
- Sánchez-Rojas, G., C. Aguilar-Miguel y E. Hernández-Cid. 2009. Estudio poblacional y uso de hábitat por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque templado de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. *Tropical Conservation Science* 2(2):204-214.
- Sánchez-Rojas, G., I. Castellanos y A. Márquez-Vázquez. 2011. Sampling necrophagous and predatory insects using different lures in a Mexican pine forest. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3):1037-1040.
- Téllez-Barraza, D. 2006. *Diversidad de la fauna de hojarasca en fragmentos de bosque de pino-encino con y sin manejo forestal*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Lechuguilla: el jabón olvidado de las otomías del Valle del Mezquital

Silvia Mendoza Mendoza

Introducción

La espuma blanca que producía el tallado de las prendas era señal que estaban listas para ser puestas a secar al sol; para la mitad del siglo xx, el jabón industrial era un artículo de lujo para las familias indígenas, así que las mujeres otomías producían su propio jabón, un líquido de color verde extraído de las hojas de lechuguilla, previamente machacadas y puestas en reposo en una vasija llena de agua. El uso de la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) con fines higiénicos es una dimensión poco explorada en los estudios sobre las propiedades de esta planta. La omisión puede deberse a la carga cultural que conlleva hablar de productos para la higiene doméstica, siendo un ámbito asociado con las mujeres. Este trabajo se centra en el mundo cotidiano, en la recolección y el aprovechamiento de la lechuguilla como una actividad que transmitía un orden social, en la división del trabajo, en la construcción y significación de género en las comunidades del Valle del Mezquital.

La lechuguilla o *rä tsu'ú'ta* en hñähñú, es una planta propia de las regiones semidesérticas, áridas y semiáridas de Estados Unidos y México (Castillo *et al.* 2013). En la república mexicana se localiza en Coahuila, Querétaro, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí e Hidalgo (Reyes-Agüero *et al.* 2000, Silva-Montellano y Eguiarte 2003). En municipios hidalguenses, se ha registrado en Zimapán, Tasquillo, Cardonal, Ixmiquilpan, Alfajayucan, Chilcuautla y Progreso, entre otros.

La especie pertenece a la familia de los agaves (Asparagaceae); tiene forma de roseta que conjunta entre 11 y 50 hojas (Martínez *et al.* 2011), cada una con un tamaño que va de 2.5 a 6 cm de ancho y de 25 a 50 cm de largo (figura 1; Castillo *et al.* 2012). Para que una planta de lechuguilla alcance la edad madura debe trascurrir un periodo de cuatro a quince años, según las condiciones climáticas y del suelo; una vez que florece, inicia el proceso de deterioro hasta su muerte (Mendoza 2008). Crece de manera natural en los cerros, y ha dejado de ser parte de la flora común en espacios habitacionales y en zonas de cultivo. Aunque *A. lechuguilla* no está considerada como una especie en riesgo conforme a la NOM-059 (SEMARNAT 2010), se destaca la disminución de sus poblaciones a causa de la explotación (Martínez *et al.* 2011).

Usos de la lechuguilla

La fibra de la lechuguilla fue aprovechada en el norte del país para la elaboración de cuerdas, cestos y sandalias. Los rarámuris de la Sierra Madre Occidental, especialmente en Chihuahua, usaban la lechuguilla en una preparación que al arrojarse al agua ocasionaba la muerte de los peces y facilitaban de esa manera la pesca (Pennington 1958, Reyes-Agüero 2000). En San Luis Potosí, la lechuguilla era empleada para complementar la alimentación de las cabras, al tiempo que los pastores aprovechaban la fibra para elaborar lazos y costales (Urquijo y Mora 2017).

Mendoza, S. 2021. Lechuguilla: el jabón olvidado de las otomías del Valle del Mezquital. En: *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 457-462.



Figura 1. *Agave lechuguilla*. Foto: Jerzy Rzedowski Rotter/Banco de imágenes CONABIO.

Algunas haciendas en Tamaulipas, productoras de granos y semillas, cultivaron y recolectaron lechuguilla para obtener fibras destinadas a la fabricación de cordelería para las embarcaciones. Esta triada conformó su principal producción, y en las prolongadas sequías, la obtención de fibra se convirtió en su más importante trabajo e ingreso (Díaz-Rodríguez 2010).

En Hidalgo, los pueblos indígenas y campesinos del municipio Ixmiquilpan han utilizado las hojas de la lechuguilla para la extracción de fibras empleadas en la elaboración de cuerdas e instrumentos de trabajo (Guerrero 1983, Salinas 1983, Medina y Quezada 1975) y para comercializarla en los mercados regionales (Mendizábal 1947). Actualmente, su extracción se cuantifica por toneladas de fibra para exportación a Estados Unidos y Suiza, entre otros destinos (BANCOMEXT 2019).

El uso más conocido y documentado de la lechuguilla es la extracción de su fibra o *ixtle* (figura 2), para elaborar cuerdas, cepillos y canastos domésticos (Guerrero 1983, Salinas 1983, Mora 2011). Algunos señalan su importancia para abastecer la creciente

demanda de fibras naturales que se incorporan en la fabricación de objetos y accesorios de uso cotidiano, debido a su resistencia y suavidad (Martínez *et al.* 2011). También se emplea en la fabricación de herramientas industriales, dada su capacidad de absorción y su resistencia a productos químicos, ácidos y altas temperaturas (Castillo *et al.* 2013); asimismo, se ha identificado que las características de la especie favorecen la productividad en ecosistemas desérticos (Nobel y Quero 1986). También se ha propuesto aprovechar la planta industrialmente para remover cobre (Alcázar-Medina *et al.* 2014) y producir etanol (Castillo *et al.* 2014), mientras la industria incrementa la demanda de saponinas que se extraen de este agave (Hernández *et al.* 2005).

Las formas de utilizar la lechuguilla imponen un tipo de relación y organización de los grupos humanos con su ambiente. Por ejemplo, los pastores de San Luis Potosí cortan las hojas sin arriesgar la recuperación de la planta (Mora 2011). Estas prácticas de conservación se asocian al interés de los pastores por mantener la ruta cíclica de apacentamiento de ganado. Ahí la lechuguilla cohabita con otras plantas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

y animales, y forma parte de un paisaje cultural que identifica a las personas y sus territorios, que trasciende propósitos utilitaristas y límites político-administrativos, afirmando un sentido de pertenencia y permanencia (Urquijo y Mora 2017).

Por su parte, la demanda industrial de la fibra de lechuguilla ha propiciado una especialización básica del trabajo entre recolectores y talladores, donde los empleados, en su mayoría varones jóvenes, están cada vez más alejados de las estrategias de conservación de la planta. En Durango, por ejemplo, la producción de fibra con fines comerciales y de exportación está provocando desertificación, pues se arranca la planta del suelo con todo y raíz, haciendo más difícil su recuperación (Blando-Navarrete y Baca Marín 2001). A eso se suma que originalmente la fibra se extraía manualmente, usando piedras, maderas y cepillos; hoy, el tallado se realiza de manera mecánica con máquinas desfibradoras.

La lechuguilla como insumo doméstico

No se tiene certeza sobre el inicio del uso de la lechuguilla con fines higiénicos. Según los testimonios recopilados entre mujeres de edad avanzada en algunas comunidades de origen otomí del municipio Ixmiquilpan, la lechuguilla fue indispensable en la vida cotidiana de sus hogares. Hasta finales del siglo xx, se empleaba como jabón para la higiene personal y para el lavado de ropa, pues a diferencia de otros agaves, la lechuguilla no produce comezón; además, los enseres domésticos se tallaban con el *rä xité*, versión deshidratada de las fibras desechadas del tallado de hojas de lechuguilla. Cuando la planta era aprovechada como jabón con fines domésticos, la recolecta de hojas se hacía una vez a la semana para procurar pencas gruesas y frescas, cuya pulpa se convirtiera en abundante y denso líquido jabonoso para el lavado de la vestimenta familiar y los enseres de la cocina. Esto era contrario al corte para extraer fibra, en cuyo caso se buscaban plantas deshidratadas; la mejor época de corte es el tiempo de secas porque las hojas tienen menos pulpa y se puede obtener la fibra más fácilmente (Mendoza 2008).

En la cosmovisión otomí, el acceso a la flora y fauna de los bienes comunales obedecía y obedece



Figura 2. Fibra de penca o *ixtle*. Foto: Fulvio Eccardi Ambrosi/Banco de imágenes CONABIO.

a un acuerdo tácito: tomar lo necesario en tanto se respeten los tiempos de maduración, reproducción y recuperación de plantas y animales. El corte y poda de las plantas se ha realizado acorde al ciclo lunar: nunca en luna llena o luna nueva porque se corre el riesgo de que las hojas nuevas no alcancen su tamaño máximo (Salinas 1983). La lechuguilla crece en colonia; por lo tanto, se buscan plantas cuyas hojas estorben el crecimiento de los retoños. En casos extremos, se arranca la planta para ponerla al sol e iniciar su deshidratación; luego de días, semanas o meses, es plantada en otro lugar.

La recolección de hoja de lechuguilla se corresponde con la división sexual del trabajo. Como su aprovechamiento se asociaba al ámbito doméstico, los hombres adultos se sustraían de dicha labor; las mujeres, niños y niñas pequeñas realizaban el trabajo. Independientemente de la edad, la recolección de lechuguilla era una actividad desarrollada por las mujeres, quienes se asumían como recolectoras



Figura 3. Tallado de la hoja de lechuguilla. Foto: Astrid Domínguez Guerrero/Banco de imágenes CONABIO.

y aprendían la tarea para luego enseñar a sus hijos e hijas. En el caso de los niños, conforme crecían dejaban de acompañar a sus madres y se integraban a los trabajos del varón adulto. En el trabajo de recolección, las mujeres transmitían una visión del mundo, en directa relación con el entorno y sus recursos. Este profundo conocimiento les permitía conocer y dar significado a la flora y fauna nativa. Al caminar por los cerros y montes, recolectaban diversas especies de flora y fauna necesarias para la vida doméstica, y delimitaban simbólicamente los territorios, al tiempo que se reconocían y se comunicaban con los espacios sagrados.

La dimensión femenina del aprovechamiento de *A. lechuguilla*

El uso doméstico de lechuguilla tenía dos momentos. El primero, cuando machacaban la hoja (figura 3) para luego colocarla en un recipiente con agua y dejarla reposar hasta obtener un líquido jabonoso multiusos, usado para lavar ropa, limpiar el cabello y el cuerpo. El segundo momento, cuando se retiraba la fibra de la solución acuosa para ponerla a secar y entonces ser utilizada como zacate para el

lavado y tallado de utensilios domésticos. Incluso la carne dispuesta para el consumo familiar, antes de ser guisada, era lavada con *rã xité* para eliminar el olor de la sangre (Mendoza 2008).

En el mundo otomí, la identificación de la lechuguilla como jabón y dominio femenino no es asunto menor. Las virtudes femeninas eran medidas de manera diversa al interior de los hogares y en la comunidad. Se ponía énfasis en la calidad de la blancura de las prendas lavadas, también en la inexistencia de malos olores relacionados con la cocina. Lograr la blancura de las telas, y eliminar los olores desagradables, eran condiciones asociadas con la calidad y cantidad de sustancia acuosa derivada de la lechuguilla; por tanto, la calidad, cantidad y frecuencia de su recolección incidía en el prestigio femenino. También repercutía en el fortalecimiento del orgullo masculino, al ser portador de prendas blancas gracias a la elección de una mujer habilidosa, encargada de la casa.

El desuso de la lechuguilla

El desuso en el aprovechamiento doméstico de la lechuguilla con fines higiénicos está asociado a dos

procesos. El primero es la reducción de los espacios naturales de crecimiento por la ampliación de espacios habitacionales, la adecuación de las áreas para animales domésticos y la preparación de espacios para el cultivo. Segundo, la lechuguilla entró en desuso debido a la popularidad y bajo precio de los jabones industriales, mismos que se consideraban productos suntuosos al alcance de familias mestizas, agricultores de tierras irrigadas y comerciantes residentes en la cabecera municipal, porque contaban con los ingresos monetarios más altos.

Los mestizos fueron los primeros en incorporar el jabón industrial y detergentes en sus diversas presentaciones (sólido, líquido o en polvo); mientras que estos productos estaban fuera del poder adquisitivo de las economías indígenas. Las mujeres indígenas mantuvieron el uso de la hoja de lechuguilla como jabón hasta que las tiendas de distribución a cargo del gobierno (Compañía Nacional de Subsistencias Populares, CONASUPO) pusieron el jabón y otros productos industriales al alcance de los hogares e ingresos de la población. En cierta medida, en el tiempo y contexto concreto de una región indígena, el uso de productos higiénicos de origen natural y silvestre se asumió como indicador de estatus social y de pertenencia étnica: la lechuguilla para indígenas, el jabón industrial para los mestizos.

Conclusiones

En el presente, la lechuguilla sigue creciendo de manera silvestre en lomas y cerros, y en áreas comunales que pertenecen a quienes se reconocen miembros de la comunidad. Estos territorios son espacios comunales que requieren ser resignificados en cuanto a la importancia de su cuidado y preservación en beneficio de la salud de las personas y el impacto al medio ambiente. Pensar en la

conservación de una especie involucra la preservación de la biodiversidad. Ello requiere recuperar el conocimiento tradicional local profundo, donde plantas y animales tienen un valor simbólico y ritual, además de instrumental; el desaprovechamiento de la flora local se extiende a la fauna y al entorno. En las comunidades indígenas, ese conocimiento está en la memoria de los adultos mayores.

En la actualidad las caminatas para recolectar la planta, que involucraban a personas de todas las edades, son excepcionales (Mendoza 2008). Con ello se han perdido los momentos de trasmisión de conocimiento del medio y de las coordenadas simbólicas del territorio. Las nuevas generaciones ignoran la importancia de la flora y la fauna de su entorno, omisión que incrementa el riesgo de seguir destruyendo los entornos naturales desconocidos para los propios lugareños; lo que resulta especialmente cierto cuando las actividades de subsistencia se diversifican y son separadas de las labores agrícolas.

Es necesario reintroducir el uso de la lechuguilla a los hogares como práctica amigable con el medio ambiente, y separar esta práctica de consumo de afirmaciones peyorativas que identifican su uso con un estado social de pobreza. De manera simultánea podrían fomentarse caminatas en los territorios y con ello se retomaría el conocimiento sobre el valor de la biodiversidad, pues antes se realizaban para recolectar leña, frutos, flores, o para pastoreo de ganado caprino. A nivel básico escolar pueden apoyarse las asignaturas sobre exploración de la naturaleza y la sociedad, con la enseñanza de conocimientos y saberes tradicionales de los adultos mayores, así como recorridos por los territorios con el acompañamiento de lugareños conocedores del entorno, capaces de transmitir el uso y significado de la flora y fauna; esto es, la trasmisión de una parte de la cosmovisión indígena.

Referencias

- Alcázar-Medina, F., J. Proal-Nájera, T. Gallardo-Velázquez *et al.* 2014. Aplicación de extractos de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en la remoción de cobre (II) en modelos de agua por aglomeración esférica. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 13(2):605-617.
- BANCOMEXT. Banco Nacional de Comercio Exterior. 2019. *Ixtle de lechuguilla*. BANCOMEXT, México.
- Blando-Navarrete, J.L. y S. Baca Marín. 2001. Determinación del potencial productivo de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Dgo. *Revista Chapingo serie zonas áridas* 2(2):100-105.

- Castillo, D., A. Cano y C.A. Berlanga. 2012. *Establecimiento y aprovechamiento de lechuguilla* (Agave lechuguilla Torr.). SEMANART, México.
- Castillo, D., T. Sáenz, M. Narcia y J.A. Vázquez. 2013. Propiedades físico-mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(19):78-91.
- Castillo, D., O.U. Martínez, L.J. Ríos et al. 2014. Determinación de áreas potenciales para plantaciones de *Agave lechuguilla* Torr. para la producción de etanol. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* 6(12):5-11.
- Díaz-Rodríguez, J. 2010. El profesor Carrera Torres y la rebelión campesina de la perdida en noviembre de 1908. *Ciencia UAT* 5(1):54-60.
- Guerrero, R. 1983. *Los otomíes del Valle del Mezquital*. INAH, Pachuca.
- Hernández, R., E. Lugo, L. Díaz y S. Villanueva. 2005. Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de *Agave lechuguilla* Torrey. *e-Gnosis* 3:1-9.
- Martínez, O.U., D. Castillo y O. Mares. 2011. *Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla* (Agave lechuguilla Torr.) en el estado de Coahuila. INIFAP, México.
- Medina, A. y N. Quezada. 1975. *Panorama de las artesanías del Valle del Mezquital*. UNAM, México.
- Mendizabal, M.O. 1947. *Obras completas. Tomo VI. Talleres Gráficos de la Nación*, México.
- Mendoza, S. 2008. *Notas de campo*. Ixmiquilpan (inédito).
- Mora, M.I. 2011. Vámonos con todo y chivas. Sistemas de supervivencia en las culturas ganaderas del norte de San Luis Potosí. *Nueva Época* 1(1):48-66.
- Nobel, P. y E. Quero. 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lechuguilla*. *Ecology* 67(1):1-11.
- Pennington, C.W. 1958. Tarahumar fish stupefaction plants. *Economic Botany* 12(1):95-102.
- Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre-Rivera y C.B. Peña-Valdivia. 2000. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67:75-88.
- Salinas, P.J. 1983. *Etnografía del Otomí*. Instituto Nacional Indigenista, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.
- Silva-Montellano, A. y L. Eguiarte. 2003. Geographic patterns in the reproductive ecology of *Agave lechuguilla* (Agavaceae) in the Chihuahuan Desert. II. Genetic variation, differentiation, and inbreeding estimates. *American Journal of Botany* 90(5):700-706.
- Urquijo, P.S. e I. Mora. 2017. Los caminos de la trashumancia. Territorio presistencia y representaciones de la ganadería pastoril en el altiplano potosino. *Revista de El Colegio de San Luis Potosí* 7(13):300-304.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Autores

Aguilar López Melany

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Aguilar Pablo Octavio

pablo_aguilarg900@uaeh.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Aguirre Acosta Celia Elvira

caguirre@ib.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

Ángeles Mota Jaime de Jesús

botanseioficial@gmail.com

Proyectos Sustentables Botansei S.A.S. de C.V.

Árcega Santillán Ingrid

ingrid_arcega@uaeh.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Arriaga Sanjuan Jaime Matías

arriagajaime.m@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Asiain Alvarez Julieta

asiainae@yahoo.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Bautista Hernández Silvia

sbautistah@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional

Berriozabal Islas Christian Said

christianberriozabal@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Bravo Alvarez Marco Antonio

tonycadillacs57@hotmail.com

Instituto Politécnico Nacional

Bravo Bolaños Oscar

oscar.bravo@uan.edu.mx

Universidad Autónoma de Nayarit

Bravo Cadena Jessica

jesybravo@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Bravo Cuevas Victor Manuel

vbravo@uaeh.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Caballero Cruz Pablo

caballero.cruz.p@gmail.com

Ingeniería para el Manejo, Restauración y Conservación de Ecosistemas S. de R.L. de C.V.

Cabral Perdomo Miguel Angel

cabralma@uaeh.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Callejas Jiménez Francisco Javier

biol.fco.callejas@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Calva Soto Karina

karinacalvas@gmail.com

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Campuzano Velasco Roberto Gabriel

ranchosantaelena@yahoo.com
Rancho Santa Elena

Castillo Cerón Jesús Martín

castj@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Cerratos Carrillo Aida Jeanette

jeancerr@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Chavarria Olmedo Yesenia Jazmin

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Chávez Peón Hoffmann-Pinther Martha Cecilia

ranchosantaelena@yahoo.com
Rancho Santa Elena

Contreras Pacheco María Magdalena

mmcontreras@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Cruz Angón Andrea

acruz@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Cruz Elizalde Raciél

cruzelizalde@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Cruz Medina Jorge

jcruz@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Cuevas Cardona María del Consuelo

cuevas@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Díaz Segura Omar

diso_007@hotmail.com
Universidad Autónoma Metropolitana

Domínguez Vega Hublester

hublester.dvega@gmail.com
Universidad Intercultural del Estado de México

Enciso González Jesús

jesus_enciso@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Espinosa Pineda Gabriel

Universidad Nacional Autónoma de México

Esquivel Macías Carlos

esquivel@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Fernández Badillo Leonardo

fernandezbadillo80@gmail.com
Herpetario X-Flora Reptilia

Flores Castro Kinardo

kinardo_flores@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Galindo Escamilla Emmanuel

emmanuel_galindo6175@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Galván Hernández Dulce María

dulce_galvan11212@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

García Chávez María del Carmen

cgch.lob@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

García Díaz Alejandra Montserrat

alemontse_butterfly@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

García Jiménez Jesús

jgarjim@yahoo.com.mx
Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria

García Martínez Yenitze Areli

yenitzebiologa@gmail.com
Instituto Politécnico Nacional

García Montes Mario Adolfo

marioadolgm@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Gaytán Oyarzun Juan Carlos

jcgaytan@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Golubov Figueroa Jordan Kyril

gfjordan@correo.xoc.uam.mx
 Universidad Autónoma Metropolitana

Gómez Aiza Adriana

aiza@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

González Espinoza Jorge Eduardo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

González Ledesma Manuel

ledesmag@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

González Rodríguez Katia Adriana

katiag@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Gordillo Martínez Alberto José

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Goyenechea Mayer-Goyenechea Irene

ireneg@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Granados Sánchez Diódoro

didorog@hotmail.com
 Universidad Autónoma Chapingo

Granados Victorino Ro Linx

droginx@hotmail.com
 Universidad Autónoma Chapingo

Guerrero Eloisa Oscar Sandino

osge44@gmail.com
 Universidad Autónoma Metropolitana

Hernández Barrera Allison Esmeralda

alisarieso395@gmail.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Hernández Hernández Gonzalo**Hernández Melo Juan Alfonso**

forest.hernandezmelo6@gmail.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Hernández Rico Griselda Nallely

gnallely_hernandez@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Hernández Salinas Uriel

uherndez3@gmail.com
 Instituto Politécnico Nacional

Herrera Pizarro Tonatiuh

4teohp4@gmail.com
 Instituto Politécnico Nacional

Hornung Leoni Claudia Teresa

hleoni@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Islas Barrios Yanin

yaninislasm@gmail.com
 Universidad Autónoma Metropolitana

Islas Tello Luis Alberto

luis.islastello@gmail.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Iturbe Morgado José Carlos

jcim99@outlook.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

León Rico Ricardo

lrico@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

León Olvera Rita Gabriela

galeonio@hotmail.com
 Universidad Nacional Autónoma de México

López Herrera Maritza

maritzal@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

López Higareda Diana

d.lopezhigareda@gmail.com
 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

López Ramírez Ma. del Carmen

carmeno20mx@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Lugo Neria Bernabé

lugon@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Luis Martínez Moisés Armando

alm@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Luna Vega Mercedes Isolda

luna.isolda@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Macedo Villarreal Manuel Alejandro

manuelmacedovillarreal@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Manetta Alex

alexmanetta@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Manríquez Morán Norma Leticia

mnorma@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Marcos García María Ángeles

marcos@ua.es
Universidad de Alicante

Márquez Luna Juan

jmarquez@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Martínez Falcón Ana Paola

apmartinez@cieco.unam.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Martínez Hernández Sylvia

sylvia_martinez10436@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Martínez Morales Miguel Angel†

Matias Palafox Maria Loraine

lmatias@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Mejenes López Sol de Mayo

sol.ml@china.tecnm.mx
Instituto Tecnológico de Chiná

Mejía Vera Génesis

genbom53@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Mendoza Mendoza Silvia

smendoza@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Montiel Canales Gustavo

gmoncana@gmail.com
Instituto Politécnico Nacional

Montoya Garcia María Valeria Judith

maria_montoya@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Morales Guadarrama Daniel Alejandro

dalex2607@gmail.com
Instituto Politécnico Nacional

Noguera Cobos Olivia

olnoguera@hotmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Núñez Benítez Julián

hidroeologo2@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Olvera Mejía Talina Merit

talina_olvera@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Olvera Olvera Cristian Raúl

pseudoplasmodium@gmail.com
Secretaría de Salud

Ortega Martínez Ilse Jaqueline

ilseom23@gmail.com
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ortega Meza Daniela

danielaom17@hotmail.com
 Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Ortega Morel Javier

jortegamorel@gmail.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ortíz Ávila Elsa

elsa_ortiz@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ortiz Bermúdez Enrique

eortiz@ib.unam.mx
 Universidad Nacional Autónoma de México

Ortiz Lazcano Asael

lazcano@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ortiz Pulido Raúl

raulortizpulido@yahoo.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ortiz Quijano Adriana Beatriz

ortizbeatriz285@gmail.com
 Universidad para el Bienestar Benito Juárez García

Ortiz Quijano Darío Eduardo

dortiz@utvm.edu.mx
 Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Palacios Pacheco Mauricio Ricardo

mpalacio@ipn.mx
 Instituto Politécnico Nacional

Pasquetti Hernández Giuseppe

gpasquetti@hotmail.com

Pérez Corona Fred Yoan

fred_perez@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Pizarro Hernández Karina

pizarro@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Pulido Flores Griselda

gpulido@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Quezada Ramírez María Félix

mfelix@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Quintero Romero Antonio Enrique

ant_quin@yahoo.com.mx

Ramírez Bautista Aurelio

aurelior@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ramírez Cardona Màrius

mariusr@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Ramírez Gutiérrez María Cristina

cristina_azulive@ciencias.unam.mx
 Universidad Nacional Autónoma de México

Ramos Frías Josefina

tia_chepis@hotmail.com
 Secretaría de Salud

Raymundo Ojeda Tania

traymundoo@ipn.mx
 Instituto Politécnico Nacional

Rodarte García Raúl

rrodarte@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Rodríguez Casanova Araceli Janette

ro232927@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Rodríguez Salazar Arantza Aglae**Rojas Martínez Alberto Enrique**

arojasmartinez@yahoo.com
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Romero Bautista Leticia

romerob@uaeh.edu.mx
 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Rosas Rosas Octavio César

octaviocrr@colpos.mx
Colegio de Postgraduados

Salinas Gutiérrez José Luis

heliopetes@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Salomé Díaz Anais Julieta

biojulieta@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Sánchez González Arturo

arturosg@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Sánchez Rojas Gerardo

gsanchez@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Sánchez Vázquez Sergio

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Serrano Avilés Tomás

tomass@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Serrato Díaz Alejandra

alej@xanum.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Valencia Herverth Jorge

valencia_herverth@yahoo.com.mx
Instituto Tecnológico de Huejutla

Valencia Herverth Raúl

raul.vh@huejutla.tecnm.mx
Instituto Tecnológico de Huejutla

Valenzuela Garza Ricardo

rvalenzg@ipn.mx
Instituto Politécnico Nacional

Vargas Aguirre Yuritzi Aracely

botanseioficial@gmail.com
Proyectos Sustentables Botansei S.A.S. de C.V.

Vázquez Sandrin Germán

gevazquez@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Villaseñor Ríos José Luis

vrios@ib.unam.mx
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Zuria Jordan Iriana Leticia

izuria@uaeh.edu.mx
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnico-científica de las secciones:

Contexto físico: Dra. Jessica Bravo Cadena¹

Contexto histórico y socioeconómico: Dra. Adriana Gómez Aiza¹

Biodiversidad: M. en C. Leonardo Fernández Badillo² y M. en C. Karina Calva Soto³

Usos y tendencias de cambio: M. en C. Karina Calva Soto³ y Dra. Adriana Gómez Aiza¹

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ² Herpetario X-Plora Reptilia,

³ Parque Nacional Los Mármoles-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Revisión técnica de textos^a y listas de especies:^b

^{a,b}Jorge Cruz Medina, ^aEsteban Eduardo Benítez Inzunza, ^aElizabeth Campos Sánchez, ^aBrenda Lizeth Islas Trejo, ^bGriselda Guerrero Márquez, ^bDiana López Higareda.

Agradecimientos:

El Gobierno del Estado de Hidalgo y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresan su reconocimiento y agradecimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Forma de citar:

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo. 2021. *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado*. CONABIO, México.

Los apéndices de esta obra se encuentran en forma digital en:
<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios.html>

La biodiversidad en
HIDALGO
Estudio de Estado

Versión digital

Prohibida su reproducción total o parcial

Para su formación se utilizaron las familias tipográficas

Mr Eaves XL para textos

Esmeralda Pro para títulos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD



Estado Libre y Soberano
de Hidalgo



**Secretaría de Medio Ambiente
y Recursos Naturales**
Hidalgo crece contigo