

The background features a stylized landscape with horizontal bands of color: light yellow at the top, followed by light grey, a prominent red band, dark brown, olive green, light green, brown, dark blue, teal, light yellow, and orange at the bottom. A tall, faceted, golden-yellow structure resembling a cross or a monument stands on the left. In the foreground, a large, faceted agave cactus is rendered in shades of grey and yellow.

La biodiversidad
en **Zacatecas**
Estudio de Estado

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

LA BIODIVERSIDAD EN ZACATECAS ESTUDIO DE ESTADO



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD



SECRETARÍA DEL AGUA Y
MEDIO AMBIENTE

Trabajemos Unidos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Primera edición, 2020
Versión digital
ISBN 978-607-8570-37-9

Coordinación y seguimiento general:

Andrea Cruz Angón¹
Diana López Higareda¹
Karla Carolina Nájera Cordero¹
Erika Daniela Melgarejo¹
Daniel Hernández Ramírez²

Corrección de estilo:

Martha Alicia Salazar/sulazul
Diana López Higareda

Diseño y formación:

Víctor M. Santos Gally
Jorge Carrera

Cuidado de la edición:

Martha Alicia Salazar
Diana López Higareda
Jorge Cruz Medina
Karla Carolina Nájera Cordero
Erika Daniela Melgarejo

Cartografía:

Judit Esmeralda González Carrillo
Diana López Higareda

D.R. © 2020 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, <http://www.conabio.gob.mx>.

¹Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; ²Instituto Regional del Patrimonio Mundial en Zacatecas-UNESCO.

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.

Impreso en México/Printed in Mexico

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Mensaje

El libro que hoy tienes ante tus ojos es una invitación a que conozcas a fondo las especies silvestres que habitan en el estado de Zacatecas. Es, también, una propuesta a favor de que ese conocimiento se transforme en una relación más armónica de los zacatecanos con nuestro ecosistema.

Conocimiento es poder y, para que logremos transformar nuestra realidad, es imperativo adentrarnos en ella para entender mejor sus particularidades. En el Gobierno del Estado de Zacatecas estamos cumpliendo con nuestra misión de divulgar contenidos que permitan a la ciudadanía tener una mayor conciencia sobre el cuidado de su medio ambiente.

La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado es una apuesta a favor de la socialización de la riqueza ecológica con que cuenta nuestra región a través de sus especies de flora y fauna, principalmente.

Como autoridades, los tres órdenes de gobierno con presencia en Zacatecas estamos obligados a garantizar el derecho de la ciudadanía a un medio ambiente “adecuado para el desarrollo y bienestar de los zacatecanos, tanto ahora como de las generaciones venideras”, según está estipulado en nuestro Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021.

Sin embargo, debemos ser conscientes de que todo derecho conlleva, necesariamente, una obligación que nos compromete, a sociedad y gobierno en conjunto, a emprender las acciones que nos permitan conservar y proteger nuestro ecosistema.

Es por ello que en estos momentos, la publicación de *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado* es necesaria y oportuna, pues se convierte en una guía que lo mismo orientará a especialistas en temas medioambientales, como a estudiantes, activistas y público en general interesado en formarse un criterio más amplio sobre los ecosistemas zacatecanos.

Zacatecas es mucho más que semidesierto, puesto que presenta una diversidad de ecosistemas que en este libro son descritos con lujo de detalle. Nos encontramos, entonces, ante una obra que da cuenta de la amplia diversidad biológica que hacen de nuestro suelo un espacio digno de redescubrir.

Agradezco a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por su abierta disposición para trabajar con Zacatecas a favor del diseño de estrategias y políticas públicas que permitan relaciones más equilibradas entre la ciudadanía y su medio ambiente.

Alejandro Tello Cristerna
Gobernador Constitucional del Estado de Zacatecas

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Presentación

El libro *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado* representa el primer y más completo diagnóstico sobre el patrimonio natural de la entidad y es, sin duda, un avance significativo para la difusión de su conocimiento e importancia.

En un solo volumen, esta obra logra conjuntar información confiable y actualizada, fuente valiosa de conocimiento, acerca de la situación de diversidad biológica en Zacatecas. Fue realizado mayoritariamente por personal académico de diversas instituciones, pero también con participación de la sociedad civil e instituciones del estado. La información contenida en esta obra constituye el referente principal de consulta para autoridades gubernamentales, académicos, comunidades locales, grupos indígenas y sociedad en general, para ser usada como base del diseño de estrategias de planeación y el establecimiento de políticas públicas, así como para impulsar la generación de nuevo conocimiento sobre el patrimonio natural de la entidad para el desarrollo sustentable de Zacatecas.

Este Estudio de Estado es una puesta al día del conocimiento y el estado de la biodiversidad en Zacatecas. Provee una línea base para conocer los procesos de cambio y modificación de los ecosistemas del estado, así como para establecer las acciones pertinentes para asegurar su conservación y uso sustentable en el largo plazo.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales (gubernamentales, académicas y de la sociedad civil) apoyarán la difusión de esta obra y darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad y los cambios que experimente, con la finalidad de favorecer el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales en Zacatecas; solo de esta manera el esfuerzo desarrollado será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la entidad.

CONABIO agradece cumplidamente al Gobierno del Estado de Zacatecas y a los 128 autores pertenecientes a 96 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, por su compromiso y dedicación. Sin ellos no hubiera sido posible la elaboración de este libro; los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

Esta obra contribuye al cumplimiento de las actividades de 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 Diversidad Biológica (CDB) y es un valioso legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de Zacatecas.

José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Índice

- 5 Mensaje
- 7 Presentación
- 13 Introducción



Contexto físico

- 24 Resumen ejecutivo. Contexto físico
- 26 Contexto físico
- 47 Hidrología



Contexto socioeconómico y marco jurídico

- 56 Resumen ejecutivo. Contexto socioeconómico y marco jurídico
- 59 Población
- 63 Continuidades y rupturas de la migración internacional
- 73 Salud
- 76 Educación
- 78 Economía y empleo
- 83 Infraestructura
- 89 Transporte
- 91 Marco jurídico ambiental
- 99 Estructura orgánica gubernamental



Biodiversidad

- 104 Resumen ejecutivo. Biodiversidad
- 110 Ecosistemas terrestres
- 125 **EC:** Las islas serranas
- 127 Hongos
- 136 Plantas
- 140 Bryophyta
- 143 Helechos y plantas afines (Pteridophyta)
- 147 Gimnospermas
- 150 Angiospermas
- 153 **EC:** Distribución y abundancia del maguey mezcalero (*Agave salmiana crassispina*) en el sureste zacatecano
- 157 **EC:** Distribución y densidad del sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*) en el ejido El Jazmín, municipio de Mazapil
- 163 **EC:** Flora de la presa San Pedro y áreas adyacentes
- 165 Rotíferos
- 170 Cladóceros
- 173 Copépodos
- 176 Metazoarios parásitos de vertebrados silvestres

- 180 **EC:** Nuevos registros de parásitos en la presa San Pedro, Ciudad Cuauhtémoc
- 183 Insectos
- 189 **EC:** La plaga de chapulines en el estado
- 191 Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)
- 194 Mosquitos (Diptera: Culicidae)
- 199 **EC:** Diversidad y distribución estacional de lepidópteros nocturnos en Fresnillo
- 203 **EC:** Polillas tigre
- 206 Ciempiés (Chilopoda)
- 211 **EC:** Diversidad de entomofauna necrófaga en el municipio de Guadalupe
- 215 Arañas
- 219 Peces
- 225 **EC:** Nuevos linajes de peces
- 229 Anfibios
- 235 Reptiles
- 241 **EC:** Diversidad de anfibios y reptiles de la sierra de Valparaíso
- 243 **EC:** Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado
- 246 **EC:** Serpientes venenosas
- 249 **EC:** Herpetofauna del municipio de Atolinga
- 252 Aves
- 270 **EC:** Aves de Nochistlán de Mejía y zonas aledañas: una región tropical
- 272 **EC:** Las sierras de Zacatecas y su importancia en la conservación del trogón orejón
- 274 **EC:** Un acercamiento al águila real
- 277 **EC:** Búhos y lechuzas: un control natural de plagas de importancia para la agricultura
- 280 Mamíferos
- 290 **EC:** El perrito llanero: el retorno de un pequeño gigante
- 294 Avances en el conocimiento de la diversidad genética en Zacatecas
- 297 Situación y perspectivas de la investigación sobre biodiversidad

Usos de la biodiversidad

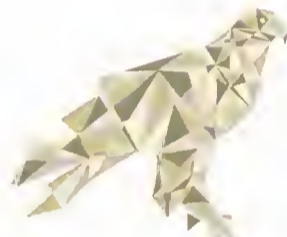


- 304 Resumen ejecutivo. Usos de la biodiversidad
- 307 Usos y mitos sobre anfibios y reptiles
- 312 **EC:** Usos del sotol en el semidesierto noreste de Zacatecas
- 315 **EC:** Diversidad y uso medicinal de la flora del cerro Las Ventanas, municipio de Juchipila
- 317 **EC:** Plantas útiles de Juan Aldama
- 320 **EC:** Uso de las malezas en el municipio de Zacatecas
- 322 Remediación de suelos contaminados por actividades mineras mediante el uso de plantas
- 329 Biotecnología con enfoque agrícola
- 337 Turismo de naturaleza
- 344 Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre



Factores de presión a la biodiversidad

- 352 Resumen ejecutivo. Factores de presión a la biodiversidad
- 355 Cambio de uso del suelo: afectaciones y procesos
- 364 **EC:** Efectos del cambio de uso del suelo en la distribución de tres especies de mamíferos
- 370 Uso y comercio de especies silvestres
- 376 Vertebrados exóticos
- 383 **EC:** La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*): reptil exótico en Malpaso
- 385 **EC:** El perico argentino (*Myiopsitta monachus*), una especie exótica en la ciudad de Zacatecas
- 387 Contaminación por residuos sólidos
- 390 La situación de los recursos hídricos
- 397 La agricultura y el deterioro ambiental
- 407 Deterioro de los pastizales por agricultura y ganadería
- 412 Minería
- 420 Incendios forestales



Instrumentos para la conservación de la biodiversidad

- 428 Resumen ejecutivo. Instrumentos para la conservación de la biodiversidad
- 431 Áreas naturales protegidas
- 437 **EC:** Estado y conservación del pino azul (*Pinus maximartinezii*) en la sierra de Juchipila
- 441 El corredor biocultural del centro occidente de México: un esfuerzo de cooperación interestatal para la conservación de la biodiversidad
- 449 Endocrinología de la conservación
- 453 **EC:** Reproducción del venado cola blanca
- 455 **EC:** El pato triguero en el Altiplano
- 458 Condición del pastizal mediano abierto
- 463 Evaluación de la condición del pastizal mediano abierto
- 467 **EC:** Reintroducción del berrendo (*Antilocapra americana*)
- 470 Educación ambiental formal
- 474 Educación ambiental no formal
- 481 El museo comunitario de Zóquite
- 484 Comunicación y difusión ambiental
- 488 Percepción de la biodiversidad: la visión de hijos, en edad preescolar, de universitarios de la Universidad Autónoma de Zacatecas
- 490 Percepción de la biodiversidad y su conservación en la presa San Pedro y área de influencia

- 493 Autores

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Introducción

Andrea Cruz Angón • Diana López Higareda

El concepto de biodiversidad

Desde la década de los noventa el término biodiversidad es un concepto cada vez más popular (Wilson 1988); remite a la variedad de formas, colores y hábitos de los organismos observables a simple vista. No obstante, es un concepto mucho más amplio que, si bien abarca la variación entre las especies, también sus distintos niveles de organización, las interacciones existentes entre ellas y los procesos que de estas se generan.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define a la biodiversidad como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; es decir, la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies y la de los ecosistemas (figura 1; CDB 1992).

Esta definición, adoptada por más de 195 países que forman parte del Convenio, también abarca a la variedad de plantas domesticadas por el hombre 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).

Los conceptos de ecosistema, especie y diversidad genética

El término ecosistema fue acuñado en la década de los treinta por los botánicos ingleses Clapham y Tansley para referirse tanto a los elementos bióticos del ambiente como a los factores físicos asociados (Tansley 1935). Aunque en ocasiones se utiliza como sinónimo “tipo de vegetación”, se trata de algo más amplio. En concreto, el CDB considera que

el ecosistema es el 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 habitan las especies.

La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y es la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin 1979, Mayden 1997). Aunque existen muchas definiciones y conceptualizaciones al respecto (al menos 22; Rosselló-Mora y Amann 2001) –tal vez por ello el CDB no establece una–, se puede decir que especie 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 vislumbrar que la información responsable de la biodiversidad (el tamaño, el color, el comportamiento, entre otros) se encuentra contenida en los genes (segmentos funcionales de ADN con información particular; CONABIO 2018). Esta diversidad genética es la que permite a las especies adaptarse a los cambios en el ecosistema.

La clasificación de la biodiversidad

Para aproximarse a entender la biodiversidad, dada su vastedad, es necesario contar con un sistema que permita clasificarla. Carlos Linneo (1758) desarrolló el que actualmente utiliza la ciencia biológica y consiste en asignar categorías a un conjunto

Cruz-Angón, A. y D. López-Higareda. 2020. Introducción. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 13-20.



Figura 1. Niveles de organización de la biodiversidad considerados por el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ecosistemas: a) pastizal en El Salvador; b) matorral xerófilo en Mazapil; y c) bosque templado en Valparaíso. Especies: d) hongo yema de huevo (*Amanita caesaria*); e) biznaga barril de lima (*Ferocactus pilosus*); f) lagartija espinosa (*Sceloporus torquatus*); y g) venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Genes: h) ecotipo de pino piñonero (*Pinus cembroides*) de Concepción del Oro. Fotos: Gustavo Cervantes (a, c, f, h), Alfredo Robles Esparza (b), Jorge Alberto Bañuelos/Banco de imágenes CONABIO (d), Martha González Elizondo/Banco de imágenes CONABIO (e), Ulises Tapia Betancourt/Banco de imágenes CONABIO (g).

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 distingue 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 las confusiones propiciadas cuando se utilizan nombres comunes, ya que puede suceder que un mismo nombre común se use para especies distintas, o que una sola especie se conozca con diferentes nombres de acuerdo con el lugar, la cultura y el idioma.

El valor de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos

La biodiversidad, entendida en su sentido amplio, genera beneficios para los seres vivos, también llamados servicios ecosistémicos o ambientales, los cuales pueden ser clasificados en cuatro categorías básicas: 1) de provisión, que consiste en el suministro de alimentos, agua y materias primas como maderas y fibras; 2) de regulación, como la

polinización de plantas, el control de plagas y la regulación del clima; 3) culturales, al inspirar espiritualidad y arte, y proveer de elementos para la recreación y la educación; 4) de soporte ecológico, como la formación de suelos y el reciclaje de nutrientes, entre otros procesos naturales (figura 2; CONABIO 2006, 2016b).

En este sentido, las personas otorgan valores a la biodiversidad, que pueden ser: 1) intrínsecos, por el simple hecho de existir y no necesariamente por alguna utilidad; es decir, tiene un valor propio y por lo tanto se debe proteger (Meléndez-Ramírez 2010); 2) extrínseco o instrumental, en función de su contribución al bienestar y calidad de vida del ser humano. Este último tiene tres enfoques: biológico, ya que cada uno de sus componentes es



Clasificación taxonómica		
Reino	Plantae	Animalia
Phylum o División	Tracheophyta	Chordata
Subphylum	-	Craniata
Clase	Equisetopsida	Aves
Subclase	Magnoliidae	-
Orden	Malpighiales	Passeriformes
Familia	Euphorbiaceae	Tyrannidae
Género	<i>Euphorbia</i>	<i>Tyrannus</i>
Especie	<i>Euphorbia radians</i>	<i>Tyrannus verticalis</i>
Autoridad taxonómica	Benth. 1839	Say, 1822

Figura 2. Ejemplo de clasificación taxonómica de dos especies zacatecanas: a) colecitas (*Euphorbia radians*), hierba característica de matorrales y pastizales; b) tirano pálido (*Tyrannus verticalis*), ave migratoria que se reproduce en las planicies del estado. Fotos: Judith González Carrillo (a), Gustavo Cervantes (b).

reservorio de información evolutiva irremplazable; económico, en función de los servicios y bienes esenciales para el desarrollo de la vida cotidiana; y cultural, que 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).

Desafortunadamente, México comparte la tendencia global de pérdida de la biodiversidad y de otros bienes y servicios ecosistémicos para el bienestar humano (CONABIO 2016b, 2019a). 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.

La diversidad biológica en México

La diversidad biológica en México cobra mayor importancia si se considera que forma parte del selecto grupo de 17 países megadiversos (que albergan entre 60 y 70% de la biodiversidad del planeta), que además está inherentemente relacionada con su identidad cultural (Mittermeier *et al.* 1997, CONABIO 2016b).

A pesar de que su superficie representa tan solo 1.5% del área terrestre del mundo, México alberga alrededor de 11% de las especies conocidas (CONABIO 2006, Sarukhán *et al.* 2009). Dependiendo del grupo del que se trate, entre 9 y 60% de las especies registradas se localizan únicamente en nuestro territorio; es decir, son endémicas (Sarukhán *et al.* 2009).

Cooperación internacional para la conservación de la biodiversidad

Ante el desafío global de la pérdida de biodiversidad, en 1992, durante la Cumbre de Río, en la Ciudad de Río de Janeiro, Brasil, la comunidad internacional adoptó el Convenio sobre la Diversidad Biológica, 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 CBD es el tratado internacional más importante en materia de biodiversidad. La participación prácticamente global en dicho Convenio refleja la preocupación de las naciones en el deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad, y 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 CBD 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.

México y el Convenio sobre la Diversidad Biológica

México firmó el CBD en 1992 y lo ratificó en 1993. Desde entonces ha participado activamente en el fortalecimiento del mismo, a la vez que ha cumplido con los principales compromisos adquiridos, como la publicación del 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 2019b).

Asimismo, se ha dado a la tarea de profundizar en el conocimiento de su biodiversidad, por lo que a partir de la publicación del *Estudio de País* (CONABIO 1998) le han seguido cuatro volúmenes de *Capital Natural de México* (Sarukhán *et al.* 2009, CONABIO 2016a); esta obra utiliza el enfoque metodológico de la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MA 2005) y, más que una actualización, representa el tránsito desde la definición de problemas hasta el diseño de soluciones. Por consiguiente, también se han elaborado estrategias nacionales sobre especies invasoras, conservación de islas y vegetal, entre otras.

Además, en 2016, México albergó 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 (ENBIOMEX)* y su *Plan de Acción 2016-2030* (CONABIO 2016b), que identifica seis ejes estratégicos (figura 3), 24 líneas de acción y 160 acciones para conocer, conservar y usar sustentablemente el enorme capital del país.

Implementación del CDB en México: las Estrategias Estatales de Biodiversidad

La diversidad biológica y cultural de México hace que la implementación del CDB, y cualquier estrategia nacional, se adecúe a distintas escalas y contextos. En este sentido, México ha sido pionero, ya que desde 2002, la CONABIO, en colaboración con gobiernos estatales y representantes de diversos sectores de la sociedad, ha promovido la iniciativa de las Estrategias Estatales de Biodiversidad (EEB), un proceso que toma en cuenta las particularidades culturales, geográficas, sociales y biológicas 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.

El proceso de las EEB busca completar dos documentos de planificación estratégica importantes (figura 4):

- El Estudio de Estado, que es un diagnóstico de línea base sobre la biodiversidad del estado en sus diferentes niveles.
- 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



Figura 3. Ejes estratégicos de la *Estrategia Nacional de Biodiversidad de México (ENBIOMEX)*. Fuente: CONABIO 2016b.

conservar y aprovechar sustentablemente su diversidad biológica.

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), que den continuidad y permanencia al proceso.

La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado

Zacatecas posee una extensión territorial de 74 479.7 km², que representa 3.8% de la superficie nacional y lo ubica, de acuerdo con su tamaño, en el décimo lugar a nivel nacional (INEGI 1981).

En función de su ubicación geográfica, fisiografía y climas es, en apariencia, una entidad

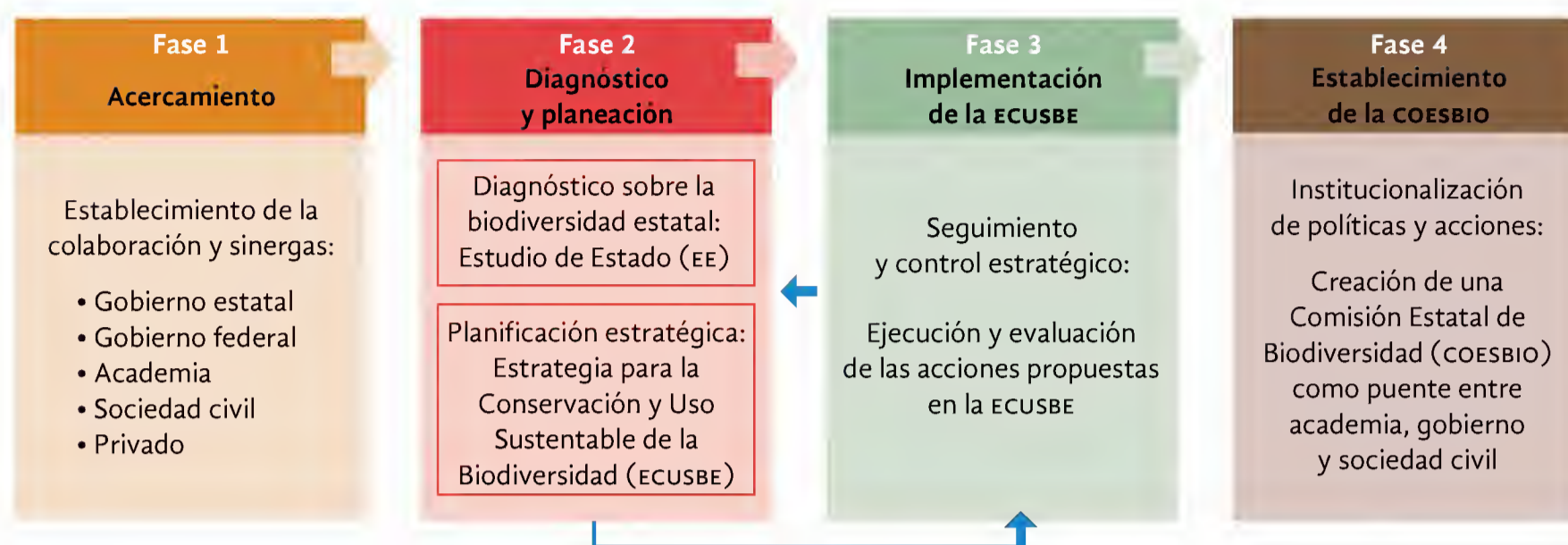


Figura 4. Proceso de elaboración de documentos de planeación estratégica e instrumentación de acciones en el marco de la iniciativa de Estrategias Estatales de Biodiversidad, coordinado por la CONABIO. Fuente: elaboración propia.

predominantemente árida. Estas condiciones favorecen cinco tipos de ecosistemas: matorral xerófilo, pastizal, bosque templado, selva seca e incluso una pequeña proporción de bosque de galería (SAMA 2013); cada uno tiene características propias, reflejadas no solo en la cantidad y diversidad de especies que albergan, sino también en sus interacciones biológicas (por ejemplo, las islas serranas o los pastizales).

Asimismo, existe la percepción de que el estado es biológicamente poco diverso, provocada en parte por la reducida cantidad de estudios publicados al respecto y por el vacío de conocimiento existente en algunas áreas (como genética de las especies). Estos contrastes representan un reto para el adecuado aprovechamiento del capital natural de la entidad.

En este contexto, en enero de 2011 el Gobierno del Estado, a través del entonces Instituto de Ecología y Medio Ambiente (IEMAZ) y el Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT), firmó un convenio de colaboración interinstitucional con la CONABIO, con lo cual se incorporó a la iniciativa de EEB. Posteriormente, se realizó un primer taller para la elaboración del Estudio de Estado en marzo del mismo año y se inició la compilación de los textos.

La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado cuenta con seis secciones conformadas por

100 contribuciones y 24 apéndices, resultado del trabajo comprometido y dedicado de 128 autores, pertenecientes a 96 instituciones, quienes aportaron la información para esta obra, así como de los coordinadores (cuadro 1) que realizaron la compilación de la misma.

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

Sección	Coordinador
I. Contexto físico	Héctor Ávila Villegas
II. Contexto socioeconómico y marco jurídico	Luz Evelia Padilla Bernal y Rodolfo Esteban González Parga
III. Biodiversidad	Daniel Hernández Ramírez
IV. Usos de la biodiversidad	
V. Factores de presión a la biodiversidad	
VI. Instrumentos para la conservación de la biodiversidad	

Fuente: elaboración propia.

La disposición y contenido de las secciones y capítulos de *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado* refleja los conceptos brevemente explicados en esta introducción, al abordar tanto la descripción de los elementos abióticos, las especies y los ecosistemas, como las implicaciones de la interacción con las comunidades humanas. Particularmente en la sección III se detalla

la diversidad de especies de los principales grupos biológicos: hongos, plantas, invertebrados y vertebrados. En cada capítulo se aporta información sobre las características relevantes del grupo en cuestión, su diversidad, distribución, importancia ecológica, económica y cultural. Asimismo, se incluye información sobre su estado de conservación, amenazas y recomendaciones para su protección. Además, se incluyen varios estudios de caso que dan cuenta de la diversidad de algunos grupos en sitios particulares del estado, entre otros temas.

Los apéndices, en su mayoría listas de especies, podrán ser utilizados por estudiantes, investigadores, consultores y público en general, para realizar conteos e informes de las especies reportadas en la entidad, pues se encuentran en formato digital.

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. Se contabilizaron un total de 3 794 especies, lo que representa un incremento

significativo en el registro de la riqueza específica para la mayoría de los grupos biológicos de la entidad (cuadro 2).

La obra refleja los esfuerzos de investigación y gestión que, frente al avance de factores de presión, como el cambio de uso del suelo y las actividades productivas (p.e. minería y la agricultura), han repercutido en más y mejores acciones de conservación (como programas de educación ambiental y unidades para la conservación y manejo de la vida silvestre) y el éxito en la recuperación de especies emblemáticas (p.e. águila real y perri- to llanero).

Se presenta por primera vez un diagnóstico completo y actualizado del patrimonio biológico del estado en su conjunto, a la vez que aporta un enfoque valioso sobre las capacidades de la entidad, por lo que esta obra puede constituirse como el punto de partida para el diseño de las acciones y estrategias, que aseguren la conservación, el uso racional y sostenido de la diversidad biológica a través del desarrollo de una segunda fase: la *Estrategia Estatal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad de Zacatecas*.

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

Grupo	México	Zacatecas ¹	Zacatecas (esta obra)	Zacatecas respecto al total nacional (%)
Hongos	6 500 ²	ND	318	5
Briofitas	1 482 ¹	ND	136	9
Pteridofitas	1 067 ¹	48	71	7
Gimnospermas	150 ¹	22	32	21
Angiospermas	23 791 ¹	652	2 443	10
Rotíferos	303 ¹	ND	35	12
Arácnidos y quelicerados	5 657 ¹	68	35*	1
Insectos	65 275 ²	455	182	0
Peces	2 763 ²	5	21	1
Anfibios	399 ²	18	25	1
Reptiles	908 ²	59	108	1
Aves	1 150 ²	156	353	31
Mamíferos	564 ²	121	123	2

ND: no disponible; * incluye solo arañas.

Fuente: elaboración propia con datos de esta obra, CONABIO 2008,¹ Sarukhán *et al.* 2017.²

Referencias

- CDB. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992. *Artículo 2. Términos utilizados*. En: <<https://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>>, última consulta: 20 de mayo de 2016.
- 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. 1: 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.
- . 2018. ¿Qué son los genes? En: <<https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/queson.html>>, última consulta: mayo de 2019.
- . 2019a. *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 2019.
- . 2019b. *Implementación del CBD en México*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/implementacion_cbd_mex.html>, última consulta: mayo de 2019.
- Levin, D.A. 1979. The nature of plant species. *Science* 204:381-384.
- 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. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- 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). 2010. CICY/PPD-FMAM/CONABIO/SEDUMA, México, pp. 453-456.
- 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
- Rosselló-Mora, R., Amann, R. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews* 25:39-67.
- SAMA. Secretaría del Agua y Medio Ambiente. 2013. *Plan anual de trabajo*. En: <http://sama.zacatecas.gob.mx/seif/index.php?option=com_content&-view=article&id=73&Itemid=178>, última consulta: 23 de julio de 2016.
- Sarukhán, J. 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* 16:284-307.
- Toledo, V.M. 1997. La diversidad ecológica de México. En: *El Patrimonio Nacional de México, vol. 1*. E. Florescano (ed.). FCE, México, pp. 111-138.
- Wilson, E.O. (ed.). 1988. *Biodiversity*. National Academy of Sciences. Washington, D.C.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección I

CONTEXTO
FÍSICO

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Contexto físico

Héctor Ávila Villegas

Zacatecas se ubica en la porción centro-norte del país. Colinda con los estados de Aguascalientes, Coahuila de Zaragoza, Durango, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Nuevo León y San Luis Potosí. Con una extensión territorial de 74 479.7 km², representa 3.8% de la superficie total del país y ocupa el décimo lugar a nivel nacional. Su territorio abarca 58 municipios y forma parte de cuatro provincias fisiográficas, cuya composición geológica determina su notable aptitud minera:

- La Sierra Madre Occidental, donde se encuentran los sistemas topográficos más abruptos de la entidad, como las sierras, valles intermontanos y cañones pronunciados, con afloramientos de rocas metamórficas, ígneas extrusivas ácidas, así como mineralizaciones de oro, plata, plomo y zinc. Una de las formaciones orográficas más importantes en esta región es el cerro de La Aguililla, con una altitud máxima de 2 850 msnm.

- La Mesa del Centro tiene extensas llanuras combinadas con escasos cerros de pendiente ligera, la presencia de rocas metamórficas de bajo grado, depósitos aluviales, rocas sedimentarias e ígneas, y ricos yacimientos de plata, oro, zinc y cobre.

- El Eje Neovolcánico, que penetra al sur del estado y en el que dominan las mesetas con rocas extrusivas ácidas (tobas, riolitas y basaltos).

- La Sierra Madre Oriental, que se caracteriza por lomeríos, bajadas y amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas donde afloran rocas metamórficas foliadas, calizas, ígneas intrusivas y extrusivas ácidas e intermedias, además de importantes yacimientos de oro, plata y cobre.

En la entidad se encuentran 17 de los 30 tipos de suelo que existen en el país. Destacan el Leptosol,

Phaeozem y Calcisol, que cubren 67.44% del territorio estatal. En ellos florece principalmente la vegetación xerófila y se desarrolla de manera favorable la agricultura de temporal.

En términos generales el clima del estado es seco. La temperatura media anual es de 16°C con una precipitación media anual de 510 mm. Las variaciones extremas en la temperatura son 35°C máxima y 3°C mínima. Aproximadamente 75% de su superficie se puede considerar árida con vegetación xerófila y pastizales. Los climas templados prevalecen en la parte occidental, principalmente asociados a matorral subtropical, chaparral y pastizales, y en menor porcentaje al bosque templado ubicado en las zonas montañosas. Finalmente, los climas semicálidos y cálidos se restringen a pequeños fragmentos en el extremo sur y suroeste, lo que da lugar a bosques tropicales, selvas y praderas.

Este estado contribuye con sus escurrimientos a cuatro de las 37 regiones hidrológicas (RH) del país: 1) la RH-11 Presidio-San Pedro de poca influencia en la entidad; 2) la RH-12 Río Lerma-Chapala-Santiago, que es la más importante en cuanto a recursos hídricos y donde destacan las presas Miguel Alemán, El Chique e Ing. Julián Adame Alatorre, así como los ríos Juchipila, Jerez-Valparaíso-Tlaltenango y San Juan, todos afluentes del río Santiago; 3) la RH-36 Nazas-Aguanaval, en la que destaca el río Grande y las presas Leobardo Reynoso, Santa Rosa y El Cazadero; y 4) la RH-37 El Salado que, aunque cubre la mayor parte del territorio estatal, no tiene almacenamientos ni corrientes importantes.

En Zacatecas, la reserva más importante de agua es la de origen subterráneo. De los 34

Ávila-Villegas, H. 2020. Resumen ejecutivo. Contexto físico. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 24-25.

acuíferos que existen en la entidad, anualmente se extraen casi 1 435 millones de metros cúbicos (Mm^3), principalmente para uso agrícola, así como para el abastecimiento de agua potable y el uso industrial. Sin embargo, la recarga media anual estimada es de 1 012 Mm^3 , con un déficit anual de 423 Mm^3 , por lo que 15 acuíferos del estado se encuentran en la categoría de sobreexplotados, entre ellos los de Chupaderos, Calera y Aguanaval,

que se localizan en los principales centros urbanos y agrícolas del estado.

Su ubicación geográfica, fisiografía y climas hacen de Zacatecas una entidad predominantemente árida, en la que las actividades productivas, como la minería y la agricultura, dependen principalmente del agua subterránea. Estos contrastes representan un reto para el adecuado aprovechamiento de su capital natural.



Contexto físico

Juan Francisco de la Trinidad Cabrera

Localización y superficie

Zacatecas se encuentra en el centro-norte del país, entre los meridianos 100° 43' y 104° 22' de longitud O, y los paralelos 25° 07' y 21° 01' de latitud N. Su extensión territorial, calculada con base en el Marco Geoestadístico del Sistema Nacional de Información (INEGI 1981), es de 74 479.7 km², lo que representa 3.8% de la superficie del país y lo ubica por su tamaño en el décimo lugar a nivel nacional. Colinda con el estado de Coahuila de Zaragoza al norte; Durango al noroeste; Nayarit al suroeste; Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato al sur; San Luis Potosí al este y Nuevo León al noreste (figura 1; INEGI 1981).

El estado cuenta con 58 municipios (figura 2; INEGI 2010a). Las divisiones territoriales estatales y municipales están contenidas en el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI; sin embargo, varían los puntos perimetrales debido a la organización política y administrativa (INEGI 2010a).

Relieve

El relieve es la irregularidad que presenta la superficie terrestre. Consiste en múltiples desigualdades, como elevaciones, planicies y depresiones, incluidas variaciones en los continentes e islas, así como en los fondos de los océanos y mares.

La superficie del estado forma parte de las provincias fisiográficas Sierra Madre Occidental, Mesa del Centro, Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental (cuadro 1). En la Sierra Madre Occidental predominan los sistemas topográficos más abruptos, como las sierras, los valles intermontanos y los cañones pronunciados. Como ejemplo están los sistemas de topoformas que se encuentran en el municipio de Juchipila. En esta región se encuentra el cerro de La Aguililla, una de las

entidades orográficas más importantes, la cual tiene una altitud máxima de 2 850 msnm (figura 3; INEGI 2010b).

La provincia fisiográfica de la Mesa del Centro se distingue por las extensas llanuras, combinadas con escasos cerros de pendiente ligera, mientras que al sur se localiza una parte de la franja norte del Eje Neovolcánico que penetra en Zacatecas y que abarca los municipios de Apulco y Nochistlán de Mejía, donde domina el sistema de topografía de meseta (INEGI 1981). Por último, al noreste se localiza la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, que se caracteriza por sus lomeríos, bajadas y amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas, en su mayoría son de origen volcánico, a excepción de las que están conformadas por rocas de origen sedimentario, como la sierra El Astillero con una altitud máxima de 3 120 msnm.

Geología

La geología es el estudio de la composición y la estructura de la Tierra, así como de los procesos que ocurren en su superficie e interior y por los que ha evolucionado a lo largo del tiempo.

La composición geológica de Zacatecas, es decir, de los materiales que se encuentran sobre su superficie, abarca desde el periodo Triásico (desde hace 248 a 206 millones de años) hasta la actualidad. Las rocas metamórficas son las más antiguas; sin embargo, aquellas con mayor distribución y abundancia son las rocas de origen ígneo o volcánico. Las rocas sedimentarias derivan de la era Mesozoica (desde hace 248 a 65 millones de años) y forman estructuras plegadas (anticlinales y sinclinales), que a su vez han sido dislocadas por fracturas y fallas de tamaño regional. Este tipo de roca se halla distribuida por toda la entidad

De la Trinidad, J.F. 2020. Contexto físico. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 26-46.

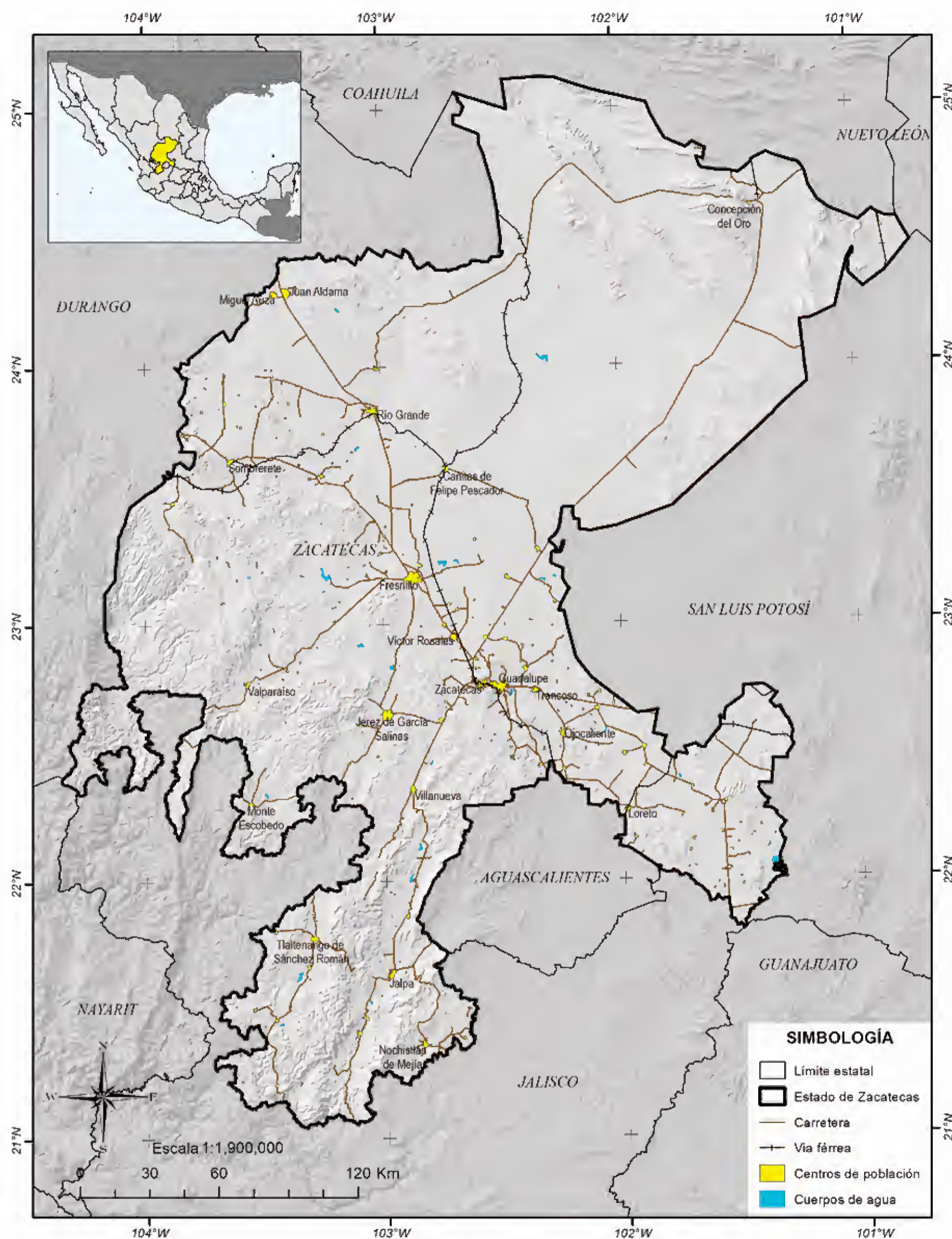


Figura 1. Ubicación. Fuente: elaboración con base en INEGI 2010a.

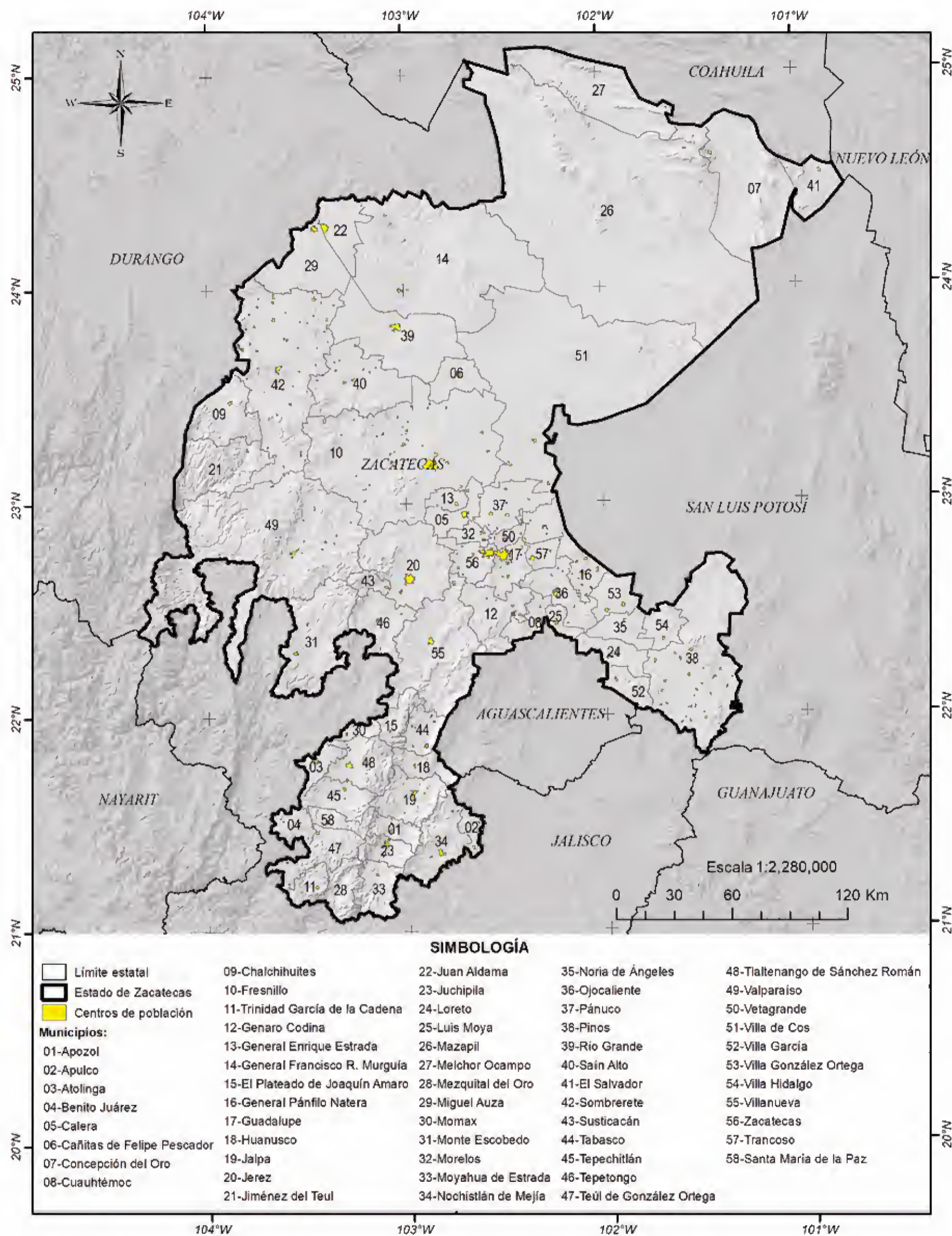


Figura 2. División municipal. Fuente: elaboración con base en INEGI 2010a.

Cuadro 1. Provincias fisiográficas.

Subprovincia	Descripción	Municipios	Superficie (km ²)	Superficie estatal (%)
Sierra Madre Occidental				
Mesetas y Cañones del Sur	Se observan vestigios de actividad volcánica, grandes superficies de altas mesetas interrumpidas abruptamente por valles intermontanos y profundos cañones	Atolinga, Monte Escobedo, parte de Jiménez del Teúl y Valparaíso	5 996.00	8.05
Sierras y Valles Zacatecanos	Este sistema es el más representativo; presenta sierras altas y medianas con mesetas; algunos lomeríos producto de la erosión hídrica; amplios pisos de valle intermontanos y bajadas aluviales	Villa Nueva, Jerez, Tabasco, Zacatecas, Gerardo Codina, Teúl de González Ortega, Apozol, Juchipila, Moyahua, Mezquital del Oro, Trinidad García de la Cadena	20 819.89	27.95
Sierras y Llanuras de Durango	Sierras altas de origen volcánico y sedimentario, mesetas pequeñas con cañadas, también se pueden observar lomeríos con bajadas. Existen llanuras amplias de material aluvial	Sombrerete y Chalchihuites	1 336.60	1.79
Gran Meseta y Cañones Duranguenses	Forma parte de la Gran Mesa Riolítica, son mesetas alternadas con profundos cañones escalonados, sus sierras son pedregosas y de poca profundidad	Jiménez del Teúl y parte de Chalchihuites	927.81	1.25
Mesa del Centro				
Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas	Llanuras de piso rocoso o sedimentado y bajada aluvial con sierras pequeñas dispersas	Villa de Cos, Cañitas de Felipe Pescador, Fresnillo, Pinos, Guadalupe, Troncoso, Ojocaliente, General Pánfilo Natera, Villa Hidalgo y Villa de González Ortega	9 952.72	13.36
Sierras y Lomeríos de Juan Aldama y Río Grande	Sierras alargadas y dispersas de caliza y lomeríos con pendiente suave	General Francisco R. Murguía, Mazapil y Villa de Cos	11 268.10	15.13
Sierras y Llanuras del Norte	Sierras constituidas por calizas de origen marino, dispersas y bajas, llanuras de caliche que forman una cuenca endorreica	Juan Aldama, Miguel Auza, General Francisco R. Murguía, Río Grande, Saín Alto y Sombrerete	7 803.66	10.48
Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes	Llanos de piso rocoso con capa cementada de sílice, al occidente pequeñas sierras de material volcánico y al sur mesetas rocosas volcánicas	Cuauhtémoc, Ojocaliente, Loreto, Luis Moya, Noria de Ángeles y Villa García	4 588.36	6.16
Eje Neovolcánico				
Altos de Jalisco	Sierras volcánicas con estratos aislados. La erosión hídrica formó lomeríos de aluvión que descienden de 2 mil hasta 1 800 msnm, donde empiezan los valles de laderas tendidas	Apulco y parte de Nochistlán de Mejía	625.74	0.84
Sierras y Llanuras Occidentales	Con llanuras desérticas de piso rocoso e inundables y salinas	Parte de El Salvador	155.42	0.21
Sierra Madre Oriental				
Sierras Transversales	Sierras plegadas constituidas por calizas. Las bajadas por su condición árida conducen la acumulación de material aluvial en pendientes y forman pisos de Bolsón	Concepción del Oro, Melchor Ocampo, El Salvador y parte de Mazapil	10 977.24	14.74
Cuerpos de agua				
			28.17	0.04
Total			74 479.70	100.00

Fuente: INEGI 2000a.

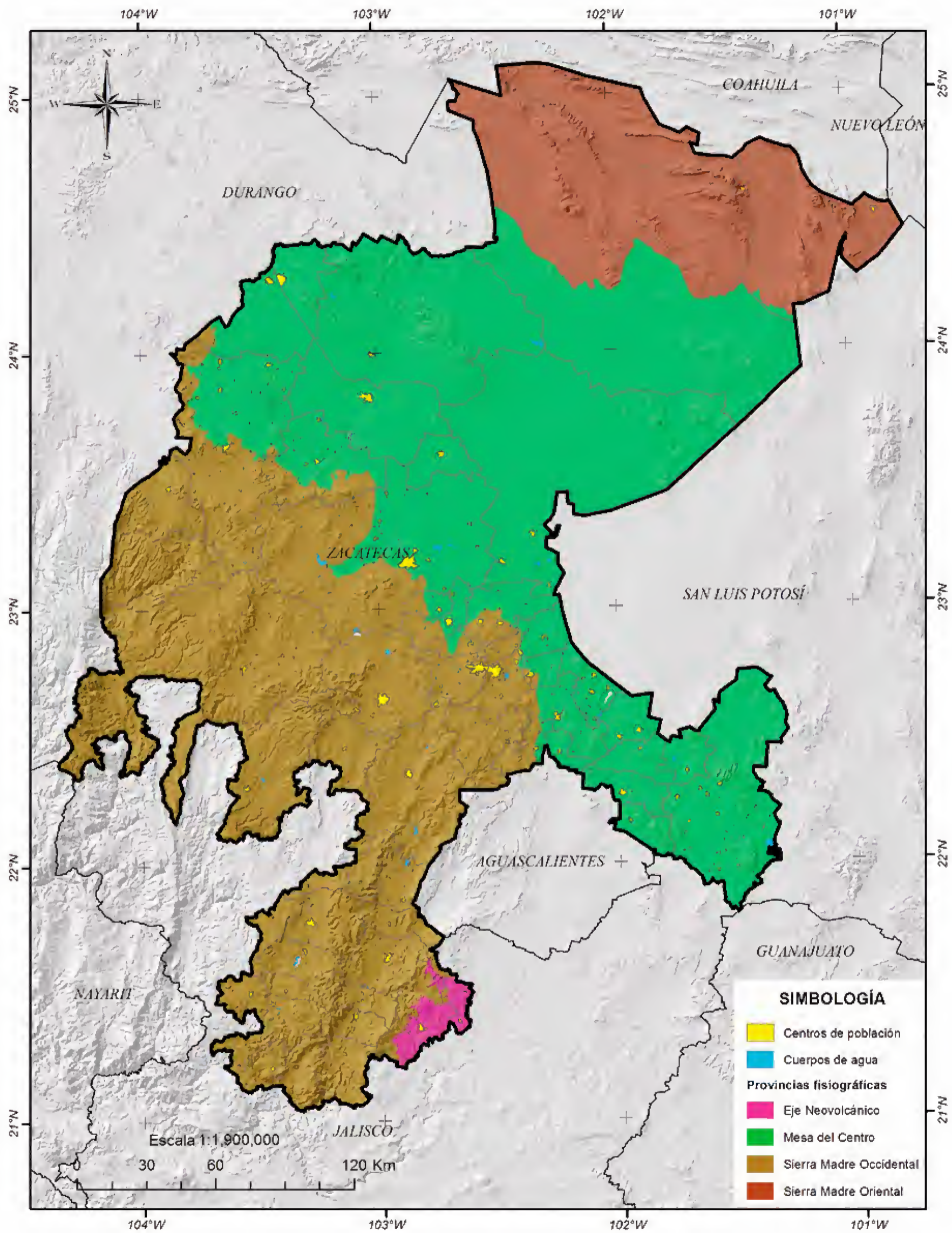


Figura 3. Provincias fisiográficas. Fuente: elaboración con base en INEGI 2000a.

(Rojas-Vilches 2008). En la figura 4 se muestran las provincias geológicas y los diferentes tipos de rocas de acuerdo con el INEGI (2002).

Provincias geológicas

Una provincia geológica es una entidad espacial caracterizada por una determinada sucesión estratigráfica, un estilo estructural propio y rasgos geomorfológicos peculiares (Rojas-Vilches 2008). Como resultado de su evolución geológica, el estado pertenece a las siguientes cuatro provincias geológicas: 1) Sierra Madre Occidental, 2) Mesa del Centro, 3) Eje Neovolcánico y 4) Sierra Madre Oriental. A continuación se describe brevemente cada una de ellas (cuadro 2).

Sierra Madre Occidental

Los afloramientos más antiguos que se conocen en esta provincia son del Triásico Inferior (245 a 232 millones de años), donde se encuentran rocas metamórficas, como pizarras, filitas y esquistos.

Se distribuyen en los municipios de Cuauhtémoc, Guadalupe, Genaro Codina, Morelos, Ojocaliente, Vetagrande y Zacatecas. Cuando existe fractura en la roca madre, por los desplazamientos del suelo, se forman estructuras llamadas cuerpos intrusivos que tapan la fractura; estos son de tipo granodiorítico (rocas de granito) y afectan a las rocas mesozoicas, lo que provoca algunas mineralizaciones en el oro, plata, plomo y zinc, los cuales representan una fuente de valiosos recursos naturales y son explotados por industrias mineras trasnacionales.

Las rocas que predominan en esta provincia son ígneas extrusivas ácidas correspondientes al periodo Triásico; forman un grueso paquete de pseudoestratos de basalto, tobas y riolitas. En las partes altas de las mesetas y bajadas de la provincia sobreyacen los basaltos del Terciario Superior hasta el Cuaternario. Las rocas sedimentarias aparecen distribuidas hacia el oeste, pero en mayor porción hacia el sur de la provincia; estas son

Cuadro 2. Provincias geológicas.

Provincia	Descripción	Superficie (km ²)	Superficie estatal (%)
Sierra Madre Occidental	Comprende la porción sur del estado. En esta provincia están los afloramientos más antiguos, con las rocas metamórficas del Triásico. Predominan las rocas ígneas extrusivas ácidas que forman un paquete de estratos de tobas y riolitas. En las mesetas se encuentran basaltos del Cuaternario y algunas mineralizaciones (oro, plata, zinc, plomo)	29 080.29	39.04
Mesa del Centro	Cubre gran porción del centro del estado. Está limitada al noreste por los plegamientos de la Sierra Madre Oriental. Los afloramientos más antiguos son de roca metamórfica del Triásico. Del Cretácico existen rocas marinas (areniscas y lutitas) e intercalaciones de calizas-lutitas que forman pliegues suaves. Del Cuaternario predominan los depósitos aluviales que cubren la mayor parte de la provincia	33 612.84	45.13
Eje Neovolcánico	Comprende una pequeña porción al sur del estado. Cuenta con rocas ígneas extrusivas (basaltos del Terciario y Cuaternario) y con algunos depósitos aluviales	625.74	0.84
Sierra Madre Oriental	Se encuentra al noreste del estado. Afloran rocas ígneas extrusivas ácidas asociadas con sedimentarias. Del Jurásico existen rocas sedimentarias marinas carbonatadas (calizas). Del Terciario son sedimentos clásticos continentales y del Cuaternario se encuentran rocas ígneas extrusivas (basaltos) con estructuras volcánicas	11 132.66	14.95
Cuerpos de agua		28.17	0.04
Total		74 479.70	100.00

Fuente: INEGI 1981.

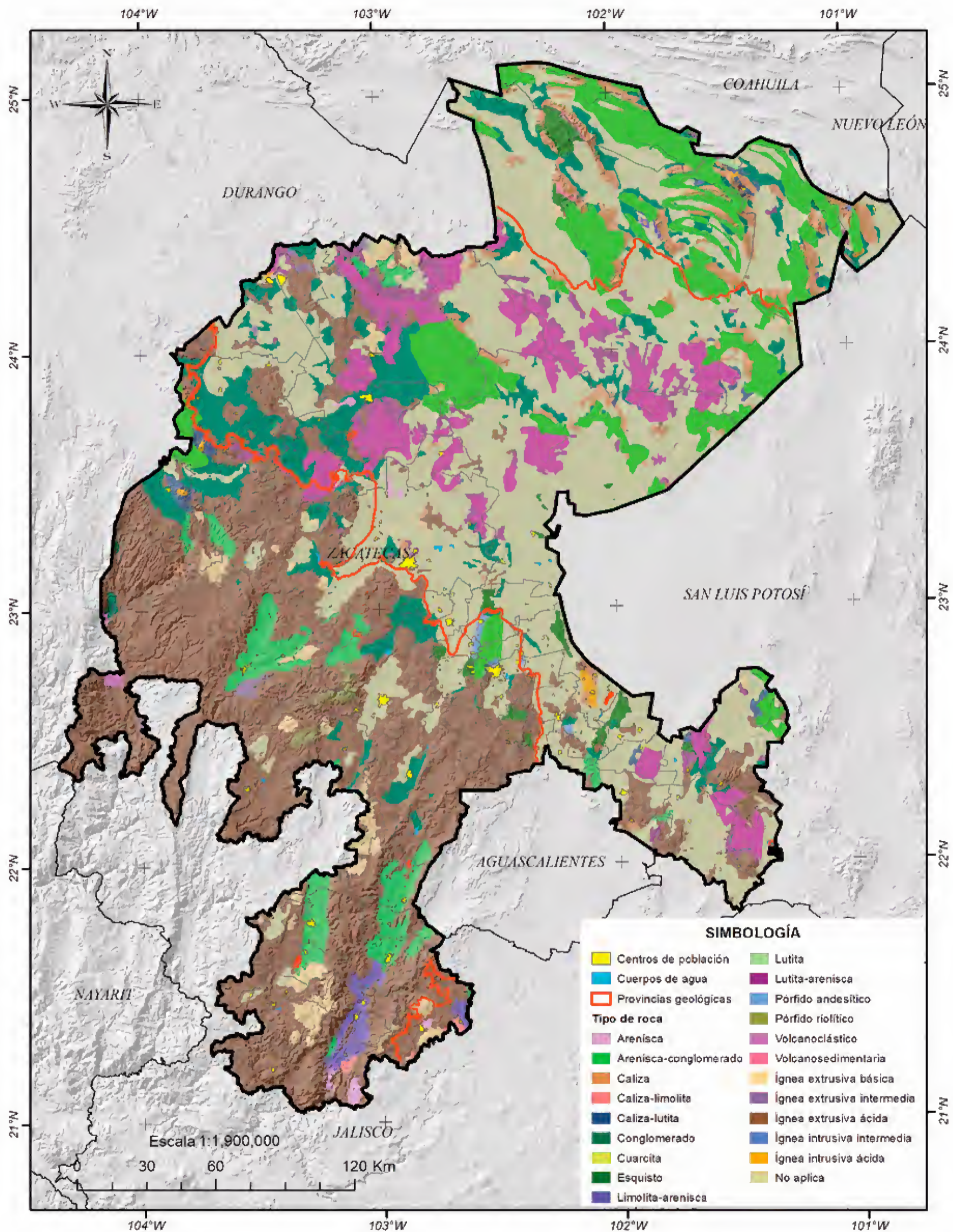


Figura 4. Provincias geológicas y tipos de rocas. Fuente: elaboración con base en INEGI 2002.

depósitos continentales generados por arenas, gravas y conglomerados mal cementados y que fueron arrastrados por corrientes lávicas del Terciario a las cuencas cerradas. Muestra de ello son los municipios que están en la franja de valles entre la sierra de Nochistlán y la sierra de Morones. En los vestigios del Cuaternario se pueden observar depósitos aluviales que rellenan los valles donde alguna vez existieron fosas tectónicas (INEGI 1981).

Mesa del Centro

En esta provincia los afloramientos más antiguos pertenecen a la era Mesozoica (desde 248 a 65 millones de años), específicamente al periodo Triásico Inferior. Se caracteriza por la presencia de rocas metamórficas de bajo grado, como las pizarras, filitas y esquistos, que abundan en los municipios de Zacatecas, Villa Hidalgo y Pinos. Al este de la provincia están los depósitos aluviales que formaron los pliegues suaves de la Sierra Madre Oriental y las llanuras durante el periodo Cretácico. Se caracterizan por la presencia de rocas sedimentarias, como lutita-arenisca y caliza-lutita; sin embargo, se encuentran zonas cercanas a las otras provincias donde hubo interacciones con derrames volcánicos.

En los límites de esta provincia, principalmente en el oeste, por los municipios de Miguel Auza, General Francisco R. Murguía, Saín Alto, Sombrerete y hasta Fresnillo, abundan las rocas ígneas, que son las más recientes debido a la actividad volcánica que sucedió desde el periodo Terciario hasta el Cuaternario. El basalto, las tobas, la brecha volcánica, el granito, la diorita y la granodiorita se formaron durante este tiempo. Cabe señalar que en esta región existen ricos yacimientos de plata, oro, zinc y cobre en los distritos mineros de Pánfilo Natera y Ojocaliente, entre otros.

Eje Neovolcánico

En esta provincia se presentan rocas extrusivas ácidas (tobas y riolitas) pertenecientes al Terciario Inferior que afloran alrededor de Nochistlán.

Cuadro 3. Era, periodo y tipo de roca.

Periodo	Roca o suelo	Superficie estatal (%)
Era Cenozoica		
Neógeno	Sedimentaria	5.66
	Ígnea extrusiva	32.79
Paleógeno	Sedimentario	2.80
Terciario	Ígnea intrusiva	0.38
	Ígnea extrusiva	0.18
Cuaternario	Suelo	37.83
	Sedimentaria	5.75
	Ígnea extrusiva	2.10
Era Mesozoica		
Cretácico	Sedimentaria	10.15
	Ígnea intrusiva	0.36
Jurásico	Sedimentaria	0.91
Triásico	Metamórfica	0.61
	Sedimentaria	0.05
Otros	Volcanosedimentaria	0.06
Era Paleozoica		
Otro	Metamórfica	0.37
Total		100.00

Fuente: INEGI 1993.

Sin embargo, desde el Terciario Superior hasta el Cuaternario se formó una capa conformada por rocas ígneas extrusivas ácidas (basaltos). Entre estas se encuentran rocas como la limonita, la arenisca y los conglomerados del Cuaternario. Estos afloramientos se depositan en los márgenes del río Huisauilco y sus afluentes. Hacia Aguascalientes, los basaltos cubren una secuencia de calizas y luti-tas (cuadro 3).

Sierra Madre Oriental

En esta provincia los afloramientos más antiguos pertenecen al periodo Triásico, tales como rocas metamórficas foliadas (esquistos, gneis, filita y pizarra). Estos materiales abundan en las sierras complejas con lomeríos. Los lomeríos y valles de esta región se caracterizan por la abundancia de sedimentos clásticos continentales; predominan las

calizas de los periodos Jurásico y Cretácico. Los cuerpos de rocas ígneas intrusivas y extrusivas ácidas e intermedias que se formaron durante el Terciario afectaron a las rocas sedimentarias en las sierras plegadas, que a su vez aportaron fluidos mineralizantes. Esto causó la formación de importantes yacimientos de oro, plata y cobre, por lo que existen numerosos proyectos e infraestructura de aprovechamiento de estos recursos asentados en la región minera de Concepción del Oro.

En el Cuaternario se originaron derrames lávicos, que formaron rocas ígneas extrusivas (basaltos); también se pueden encontrar depósitos aluviales de arcillas en los lomeríos pertenecientes a este mismo periodo (Rojas-Vilches 2008).

Suelos

El suelo es la capa superficial de material mineral y orgánico que sirve de medio para el crecimiento de las plantas. Presenta los efectos de los factores que le dieron origen, como clima, topografía, biota, material parental y tiempo, pero difiere en sus propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas del sustrato rocoso que le dio origen (SEMARNAT 2013). Por ello, el suelo ya no es roca ni sedimento geológico, sino un producto proveniente de las alteraciones e interacciones que experimenta (Hernández 2006).

De acuerdo con la cartografía edafológica serie II, escala 1:250 000, basada en la Referencia Mundial del Recurso Suelo (WRB 2007) y adecuada por el INEGI en 2000, en Zacatecas se encuentran 17 de los 30 grupos de suelos que existen en México (figura 5). Según la extensión que abarcan destacan el Leptosol, el Phaeozem y el Calcisol, que agrupados representan 67.44% del territorio estatal (cuadro 4).

Acrisol

Literalmente el nombre significa suelo ácido. Se encuentran en zonas tropicales o templadas muy lluviosas. En condiciones naturales sostienen vegetación de selva o bosque. Se caracterizan por tener en el subsuelo acumulación de arcilla de baja

actividad, reducida saturación de bases, alta acidez y pobreza en nutrientes. Se utilizan en la agricultura de bajo rendimiento y en la ganadería con pastos inducidos o cultivados; sin embargo, el uso óptimo para su conservación es el forestal debido a que son moderadamente susceptibles a la erosión. Se encuentran en el municipio de Valparaíso (INEGI 1981).

Calcisol

Son suelos con acumulación de caliza secundaria o de carbonatos secundarios. Están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados a materiales parentales altamente calcáreos. La vegetación natural es escasa y dominada por arbustos y árboles xerófitos o pastos efímeros, así como por áreas con arbustos, pastos y hierbas que se usan para el pastoreo extensivo. En la entidad este suelo cubre extensas áreas usadas para la producción de trigo de invierno bajo condiciones de riego y cultivos forrajeros, como el pasto Rhodes

Cuadro 4. Tipos de suelos.

Suelo	Superficie (ha)	Superficie estatal (%)
Leptosol	2 197 336.93	29.50
Phaeozem	1 459 169.06	19.59
Calcisol	1 366 455.38	18.35
Luvisol	614 970.59	8.26
Castañozem	538 033.04	7.22
Regosol	448 336.96	6.02
Durisol	260 829.29	3.50
Solonchak	156 785.88	2.11
Cambisol	74 132.87	1.00
Chernozem	71 943.11	0.97
Vertisol	66 745.66	0.90
Planosol	57 074.74	0.77
Fluvisol	48 893.08	0.66
Cuerpos de agua/ zonas urbanas	41 927.49	0.54
Umbrisol	28 147.32	0.38
Solonetz	7 502.85	0.10
Acrisol	4 970.03	0.07
Gleysol	4 716.45	0.06
Total	7 447 970.73	100.00

Fuente: INEGI 2008.

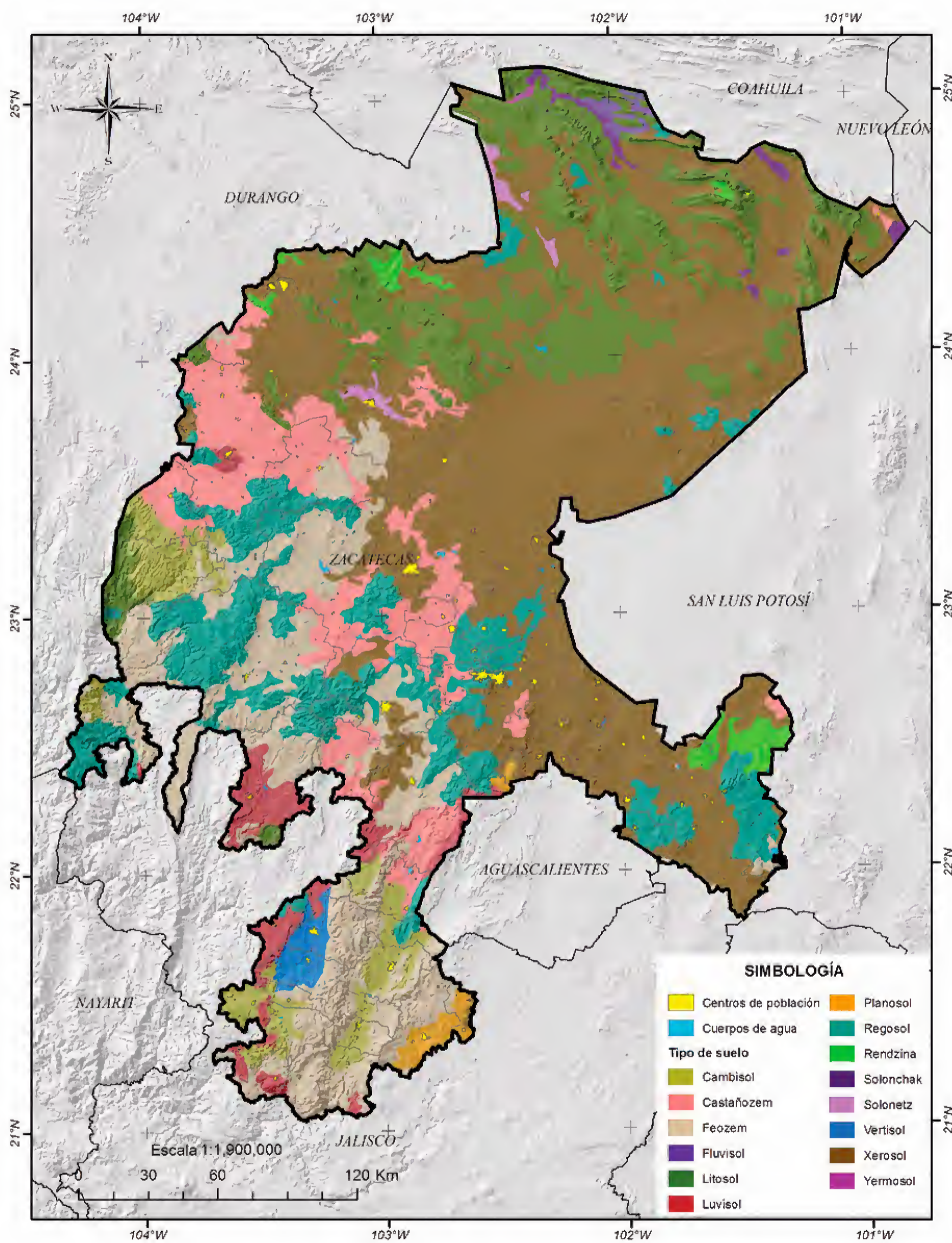


Figura 5. Tipos de suelos y su distribución. Fuente: elaboración con base en INEGI 2008.



Figura 6. Perfil de suelo Chernozem cálcico endopetrocálcico (CHcpcn) presente en el municipio de Juchipila. Foto: INEGI.

y la alfalfa. Se encuentran en los municipios de Melchor Ocampo, Mazapil, Concepción del Oro, Villa de Cos, General Francisco R. Murguía, Fresnillo, Pánuco, Guadalupe, Trancoso, entre otros (WRB 2007).

Cambisol

Generalmente son suelos jóvenes con poco o ningún desarrollo de perfil, y carecen de materiales arcillosos y de materia orgánica. Presentan cuatro variantes: Cambisol crómico, Cambisol cálcico, Cambisol dístrico y Cambisol eútrico. Se les encuentra en cualquier tipo de vegetación, especialmente en terrenos montañosos donde haya depósitos de materiales coluviales, aluviales o eólicos. Su mayor distinción es el cambio de color desde el primer horizonte. Se presentan en regiones con clima templado subhúmedo y se distribuyen al oeste y al sur de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, en los municipios de Miguel Auza, Genaro Codina, Valparaíso y Sombrerete (INEGI 1981).

Chernozem

Son suelos alcalinos ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. Tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral, como las llanuras. Se caracterizan por presentar una capa superior de color negro, rica en materia orgánica y nutrientes, con alta acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado. Se consideran algo más fértiles que los Castañozem; son moderadamente susceptibles a la erosión y sobrepasan comúnmente los 80 cm de profundidad (figura 6). Se usan para ganadería extensiva de pastoreo libre y para el cultivo de granos y hortalizas con rendimientos altos, sobre todo si están bajo riego. Se encuentran en los municipios de Fresnillo, Juan Aldama, Miguel Auza, Villa de Cos, Valparaíso, Villanueva y Tepetongo (INEGI 2004).

Durisol

Están principalmente asociados a superficies antiguas en ambientes áridos y semiáridos. Acumulan

suelos muy someros a moderadamente profundos (no rebasan los 10 cm de profundidad) y bien drenados. Contienen sílice dentro de los primeros 100 cm de la superficie. El uso agrícola está limitado a la profundidad del suelo y a la disponibilidad de agua para riego. En áreas bajas los niveles excesivos de sales solubles pueden afectarlos. Se encuentran en los municipios de Pinos, Villa Hidalgo, Loreto, Ojo Caliente, Villa García, Noria de Ángeles, Cuauhtémoc, Luis Moya, entre otros (WRB 2007).

Fluvisol

Se presentan en cualquier clima y región cercana a los lechos de los ríos, siempre y cuando se reúnan las condiciones topográficas para su formación, ya que son producto de los depósitos aluviales.

Se distribuyen por llanuras; las ceibas y sauces se desarrollan sobre este tipo de suelo. La capa superficial, delgada y de tonalidad clara o gris oscuro, varía en su contenido de materia orgánica y nutrientes. Se encuentran en los municipios de Río Grande, Fresnillo, Jerez, Villanueva, Valparaíso, Monte Escobedo, Jalpa y Tabasco (INEGI 2004).

Gleysol

Se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año. En la porción saturada de agua muestra colores grises, azulosos o verdosos. Generalmente la vegetación que contienen es de pastizal. Son muy variables en su textura y regularmente presentan acumulaciones de salitre. En algunos casos se pueden destinar a la agricultura. Se encuentran en pequeñas zonas de Fresnillo y Sombrerete (WRB 2007).

Castañozem

Son suelos alcalinos que se hallan ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos, como las sierras y llanuras del norte del estado. Tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral. Presentan más de 70 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en

materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. Debido a su alto contenido de materia orgánica muestran un potencial de fertilidad y se usan para ganadería extensiva, como el ganado vacuno, sobre todo en los municipios de Fresnillo y Villa de Cos. En la agricultura se emplean para el cultivo de frijol, trigo, maíz y chile seco. Son moderadamente susceptibles a la erosión. Se encuentran en los municipios de Villa de Cos, Río Grande, Fresnillo, Pánuco, Villa Nueva, Gerardo Codina, Guadalupe, Jalpa, Tabasco, entre otros (INEGI 2004).

Leptosol

Son muy someros, de espesor reducido, extremadamente graviliosos y pedregosos; además de inmaduros (azonales) y particularmente comunes en regiones montañosas con altitud media o alta y topografía fuertemente disectada. En el estado dominan suelos de tipo Leptosol calcárico que tienen una elevada capacidad de retención de agua, buena incorporación de materia orgánica a la fracción mineral y presentan una densa cobertura vegetal. Se encuentran en las zonas templadas donde existe vegetación de bosque caducifolio y bosque de coníferas. Su distribución abarca la mayor parte de la entidad (WRB 2007).

Luvisol

Se presentan en las regiones de climas templados subhúmedos y en algunas ocasiones más secos. Son suelos con más contenido de arcilla de alta actividad, por lo que son medianamente impermeables. Tienen una tonalidad roja o clara y su capa superficial puede ser blanda de color oscuro y rica en materia orgánica, aunque pobre en nutrientes. Se encuentran en vegetación de bosque y selva, y se destinan principalmente para la agricultura. Se encuentran distribuidos en los municipios de Sombrerete, Saín Alto, Valparaíso, Jerez, Atolinga, Benito Juárez, Momax, Monte Escobedo, Plateado de Joaquín Amaro, Tepechitlán, Trinidad García de la Cadena, Teúl de González Ortega y Villanueva (INEGI 1981).

Phaeozem

Se presentan en las regiones de climas semisecos templados y templados subhúmedos a lo largo de la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental. Son resultado de la intensa actividad biológica. Su capa superficial es de tonalidad oscura, rica en materia orgánica y nutrientes, y su profundidad es variable (menos de 50 cm). En Zacatecas estos suelos son típicos de la agricultura de temporal, aunque su uso óptimo depende de la disponibilidad de agua para riego. Se encuentran distribuidos prácticamente en todo el estado, excepto en algunas zonas del este (INEGI 2004).

Planosol

Se presentan en regiones de climas templados subhúmedos. Se forman a partir de los depósitos aluviales o coluviales arcillosos. La tonalidad de su horizonte superficial es clara y con pocos nutrientes debido al subsuelo arcilloso y denso que disminuye el drenaje y lo hace susceptible a la erosión. Sostienen una vegetación de tipo matorral y pastizal. Para la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos se obtiene un rendimiento moderado. En el estado están en las llanuras o lomeríos de los municipios de Apulco, Villanueva, Jerez, Cuauh-témoc, Monte Escobedo y Nochistlán de Mejía (INEGI 1981).

Regosol

Se presentan en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve, aunque son más frecuentes en regiones de climas secos y semisecos templados. Se caracterizan por contener minerales débilmente desarrollados en materiales no consolidados, por lo que su perfil tiene una textura muy similar a la roca madre y son muy permeables. Muchas veces están asociados al Litosol y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Están distribuidos principalmente en la provincia de la Sierra Madre Occidental, en los municipios de Mazapil, Río Grande, General

Francisco R. Murguía, Sombrerete, Jalpa y Huanusco, en especial en los sistemas montañosos, mesetas y cañones.

Solonchak

Se presentan en regiones de climas semiseco y seco donde se desarrolla una vegetación de pastizal o plantas que toleran el exceso de sal (halófitas). Su composición rica en sales solubles es producto de la evaporación del agua subterránea, por lo que se encuentra en llanuras desérticas inundables, llanuras aluviales salinas y bajadas con o sin lomerío. Su empleo agrícola es limitado. Este tipo de suelo se encuentra distribuido en Concepción del Oro, Melchor Ocampo, Mazapil y en zonas de El Salvador, Río Grande y Fresnillo.

Solonetz

Se encuentran en regiones de climas semicálidos y secos. Debido a las grandes concentraciones de sales, la vegetación es muy escasa, pero cuando existe incluye pastizales o matorrales. No es apto para uso agrícola. Su origen es residual, por ello se localiza en las bajadas y llanuras, y principalmente en sitios planos. Estos suelos son muy alcalinos, ya que contienen altos niveles de iones de sodio y magnesio, y están constituidos por materiales no consolidados y sedimentos de estructura fina. Se distribuyen en los municipios de Villa de Cos, Fresnillo y Villa Hidalgo (INEGI 2004).

Umbrisol

Se desarrollan en climas húmedos, son comunes en regiones montañosas con poca o sin escasez de humedad, principalmente en áreas frescas, incluidas montañas tropicales y subtropicales. En numerosas ocasiones están bajo vegetación de pastizal y bosques de coníferas. Su formación está condicionada por el clima y son el resultado de la acumulación de materia orgánica y minerales (figura 7). Se destinan al pastoreo extensivo de ganado vacuno en algunas zonas de los municipios de Valparaíso, Jiménez del Teúl, General Enrique Estrada y Sombrerete (WRB 2007).



Figura 7. Perfil de suelo Umbrisol húmico endoléptico (UMhulen) en el municipio de Valparaíso. Foto: INEGI.

Vertisol

Se encuentran en zonas de climas semicálidos y subhúmedos donde se desarrolla vegetación de tipo selva baja, pastizal y matorral. Se producen por la sedimentación de las arcillas en los valles intermontanos, que se caracterizan por ser impermeables. En épocas con mucha humedad son plásticos (suelos con mucha arcilla y que se pueden deformar), mientras que en secas son duros y difíciles de labrar. Se presentan en los municipios de Tlaltenango de Sánchez Román, Tepechitlán y en algunas regiones de Momax, Apozol, Atolinga y Mezquital del Oro, entre otros (INEGI 1981).

Conclusión

La entidad cuenta con más de la mitad de los suelos presentes en México. Como suelos dominantes y con características similares (someros y derivados de la erosión) están los tipos Leptosol, Phaeozem y Calcisol. Desafortunadamente, la degradación de los suelos en Zacatecas ha ido incrementando debido al sobrepastoreo y la erosión eólica, por lo que solo una pequeña proporción está cubierta por vegetación.

Climas

El clima se define como el promedio de los elementos meteorológicos individuales medidos a través de un número dado de años y que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie de la Tierra. En la actualidad, el estudio del clima no solo se basa en las condiciones medias, sino también en las extremas y en sus patrones de comportamiento (INEGI 2005).

El conocimiento del clima de una región determina las especies que habitan en un lugar específico (INIFAP 2004). Entre los elementos del clima, que son de importancia directa en la formación de la biota, se encuentran: la temperatura ambiental, la humedad, la radiación y el movimiento del aire; además de factores indirectos, como la luz, la nubosidad, la presión y la pluviosidad.

En términos generales, el clima de Zacatecas es seco. La temperatura media anual es de 16°C con una precipitación media anual de 510 mm. Las variaciones de la temperatura en el estado son 35°C máxima y 3°C mínima (CONAGUA 2011). Los climas secos se presentan en el centro y este de la entidad (figura 8), mientras que los climas templados prevalecen en la parte occidental, principalmente en las partes altas de la Sierra Madre Occidental. Finalmente, los climas semicálidos y cálidos se restringen a pequeños fragmentos en el extremo sur y suroeste (INEGI 1981). En el cuadro 5 se resumen los principales climas de la entidad y sus variantes según la clasificación de Wladimir Köppen, modificada por Enriqueta García (1973).

Climas cálidos

Presentan elevadas temperaturas anuales sin grandes variaciones estacionales. Se localizan en una pequeña región del sur, en bosques tropicales, selvas y praderas.

- Cálido subhúmedo con lluvias en verano. [Aw0(w)]. Se ubica en pequeñas regiones, en los límites con el estado de Jalisco. Se caracteriza por una temperatura media anual mayor a 22°C. El régimen de lluvias es de verano (de mayo a octubre), mientras que el invierno es seco (menos de 5% de

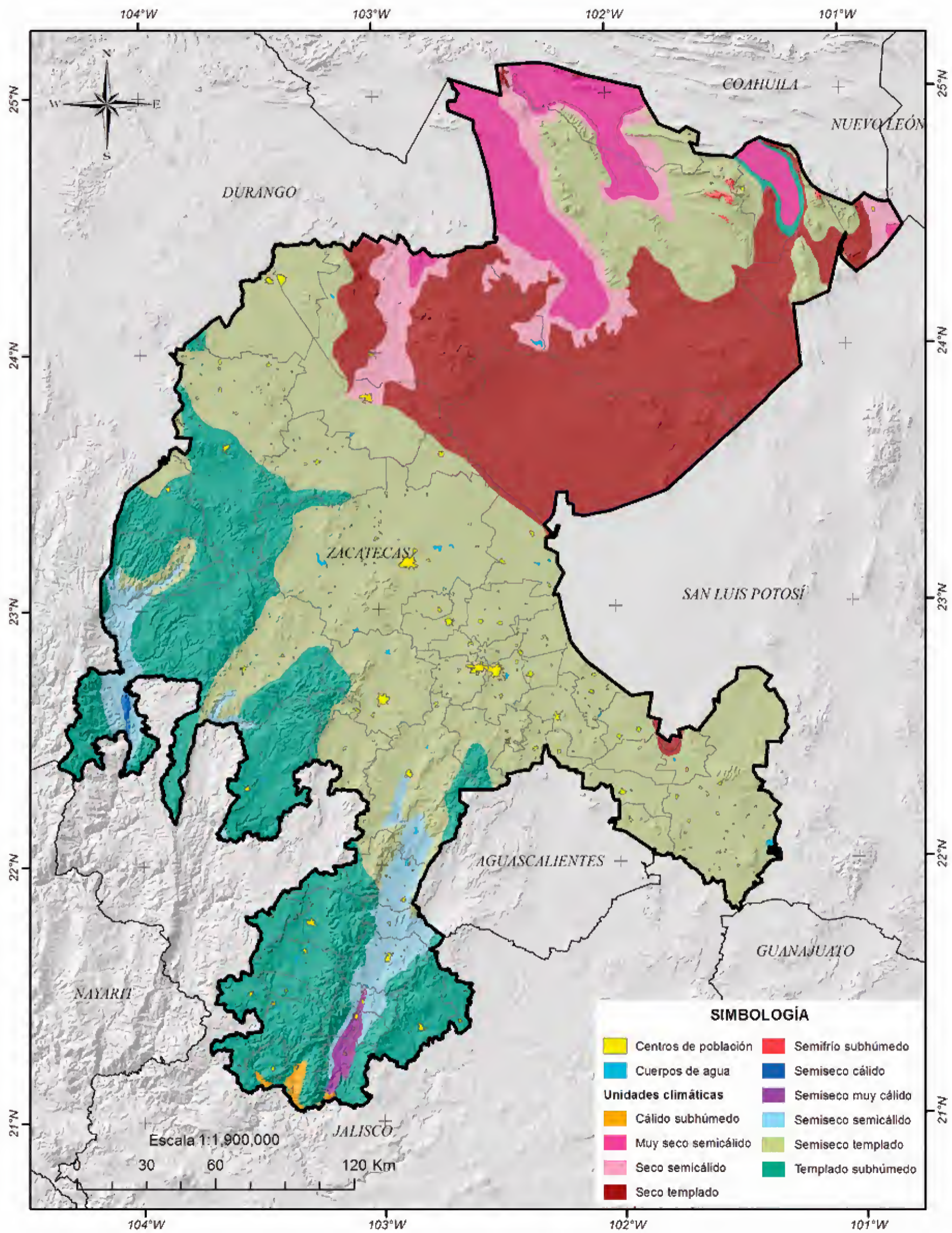


Figura 8. Unidades climáticas. Fuente: elaboración con base en INEGI 2000b.

Cuadro 5. Descripción de los climas.

Tipo	Subtipo	Clave	Superficie (km ²)	Superficie estatal (%)
Cálidos	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Aw0(w)	150.79	0.20
Templados	Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w1)	12 736.30	16.28
	Semifrío subhúmedo con lluvia escasa todo el año	C(E)x'	64.95	0.09
	Templado subhúmedo menos húmedo con lluvias en verano	(A)C(w0)(w)	3 039.27	4.90
Secos	Semiseco semicálido con lluvias en verano	BS1hw	2 600.23	3.49
	Seco semicálido con lluvias en verano	BS0hw	3 390.48	4.55
	Seco templado con lluvias en verano	BS0kw	14 901.30	20.01
	Muy seco semicálido con lluvia escasa todo el año	BWhw	4 262.70	5.72
	Semiseco templado con lluvia escasa todo el año	BS1kx'	32 991.77	44.30
	Semiseco cálido con lluvia escasa todo el año	BS1(h')hw	70.05	0.09
	Semiseco muy cálido con lluvias en verano	BS1(h')W(w)	271.86	0.37
Total			74 479.70	100.00

Fuente: INEGI 2000b.

la precipitación total anual). Se encuentra asociado principalmente a comunidades vegetales de tipo pastizal y selva baja (INEGI 1981).

Climas templados

Presentan un régimen térmico mayor a 18°C. Se encuentran asociados a vegetación de tipo matorral subtropical, chaparral y pastizal, y se ubican en el extremo sur y suroeste.

- Templado subhúmedo con lluvias en verano [C(w1)]. En términos de humedad es un clima intermedio. Tiene lluvias en verano y lluvia invernal menor a 5%. Se encuentra principalmente en los municipios de Teúl de González Ortega, Tepechitlán, Tlaltenango de Sánchez Román, Benito Juárez, Atolinga, Nochistlán de Mejía y Valparaíso. La precipitación media anual oscila de 700 a 1 000 mm y la temperatura media anual registra un valor menor a 18°C. La máxima precipitación se presenta en el mes de julio (170 a 180 mm), mientras que la menor incidencia se registra en marzo (menos de

10 mm). La temperatura más alta se presenta en el mes de junio (19 a 20°C) y la mínima en enero (11 a 12°C; INEGI 2010b).

- Semifrío subhúmedo con lluvia escasa todo el año [C(E)x']. Este clima presenta lluvias escasas todo el año y lluvia invernal mayor a 18 mm. Se sitúa al norte de la entidad, en parte del municipio de Mazapil. La precipitación media anual es menor de 500 mm, mientras que la temperatura media anual es inferior a 12°C (INEGI 2005).

- Templado subhúmedo con lluvias en verano [(A)C(w0)(w)]. Es el clima templado menos húmedo: presenta lluvias en verano y entre 5 y 10.2 mm de lluvia invernal. Se ubica en la parte oeste de la entidad, principalmente en Valparaíso, Sombrerete, Monte Escobedo, Jiménez del Teúl y Chalchihuites. La temperatura media anual es menor a 18°C; la temperatura máxima es en el mes de junio (21 a 22°C) y la mínima en enero (10 a 11°C; INEGI 1981). El rango de precipitación media anual fluctúa entre 600 y 700 mm; la

máxima ocurrencia de lluvias se registra en junio con un valor que oscila entre los 130 y 140 mm, mientras que en marzo y abril se presentan las menores incidencias con un valor inferior a los 10 mm.

Climas secos

Se caracterizan porque la evaporación excede a la precipitación y su temperatura es mayor de 18°C, con excepción de los climas semisecos templados, en donde la temperatura oscila de 12 a 18°C. Los tipos de vegetación que comúnmente se desarrollan en estos climas son las xerofitas y pastizales. Se encuentran principalmente en el centro-norte y noreste de la entidad.

- Semiseco semicálido con lluvias en verano [BS1hw]. Presenta lluvias en verano y entre 5 y 10.2 mm de lluvia invernal. Este clima se localiza principalmente en la zona oeste de la entidad, en parte de los municipios de Jiménez del Teúl, Valparaíso y Villanueva. El rango de precipitación media anual fluctúa entre 500 y 700 mm. La máxima ocurrencia de lluvias es de 130 a 140 mm y se registra en el mes de agosto, y la mínima se presenta en el mes de marzo con un valor menor de 5 mm. La temperatura media anual va de 18 a 22°C. La temperatura máxima se observa en el mes de junio (22 a 23°C) y la mínima en enero (14 a 15°C; INEGI 1981).

- Seco semicálido con lluvias en verano [BS0hw]. Presenta lluvias en verano y precipitación invernal de 5 hasta 10.2 mm. Se localiza al noreste, en parte de los municipios General Francisco R. Murguía y Mazapil. La temperatura media anual varía entre 18 y 20°C y la precipitación media anual es de 300 a 400 mm. En los meses de julio a septiembre la precipitación alcanza los niveles más elevados (entre 80 y 90 mm), mientras que la inferior se registra en el mes de abril con menos de 5 mm (INEGI 2010b).

- Seco templado con lluvias en verano [BS0kw]. Presenta lluvias en verano y precipitación invernal de alrededor de 5 y 10.2 mm. Se localiza al norte y noreste de Zacatecas, en los municipios de Concepción del Oro, General Francisco R. Murguía,

Mazapil y Villa de Cos. La precipitación media anual tiene un rango de entre 300 y 400 mm. La máxima incidencia de lluvias se registra en agosto con una variación que va de 130 a 140 mm, y la mínima se presenta en los meses de febrero y noviembre con un valor menor de 10 mm. La temperatura media anual es menor de 18°C; la máxima temperatura se manifiesta en el mes de junio (20 a 21°C) y la mínima se presenta en los meses de diciembre y enero (9 a 10°C; INEGI 1981).

- Muy seco semicálido con lluvia escasa todo el año [BWhw]. Presenta lluvias de verano y precipitación invernal que oscila entre 5 y 10.2 mm. Rige principalmente en la región del noreste y se distribuye de forma dispersa. Abarca parte de los municipios de Melchor Ocampo, Mazapil, Concepción del Oro y General Francisco R. Murguía. La precipitación media anual es menor a los 300 mm. La mayor incidencia de lluvias se registra en el mes de agosto con un rango que fluctúa entre 50 y 60 mm; la mínima es en marzo con un valor inferior a 5 mm. La temperatura media anual varía entre 18 y 22°C; la temperatura máxima se registra en el mes de junio (24 a 25°C), mientras que el mes más frío es enero (13 a 14°C; INEGI 1981).

- Semiseco templado con lluvia escasa todo el año [BS1kx']. Presenta lluvias en verano y precipitación invernal menor de 5 mm. Se encuentra localizado en una pequeña zona del oeste de la entidad, en parte del municipio de Jiménez del Teúl. La precipitación media anual varía entre 500 y 700 mm. La máxima incidencia de lluvias se presenta en agosto con un valor que fluctúa entre 130 y 140 mm. La sequía se registra en el mes de abril cuando hay menos de 5 mm de lluvia. Los rangos térmicos medios tienen un valor menor de 18°C. El mes más cálido es junio (20 a 21°C), mientras que el mes más frío es enero (11 a 12°C; INEGI 2000b).

- Semiseco cálido con lluvia escasa todo el año [BS1(h')hw]. Presenta lluvias en verano y precipitación invernal que varía de 5 a 10.2 mm. Se localiza en una pequeña porción del suroeste del estado, en el municipio de Valparaíso. La precipi-

tación media anual oscila entre 500 a 1 000 mm; tiene su máxima incidencia en los meses de junio y agosto con un rango que va de 130 a 140 mm y la mínima se presenta en el mes de abril con un valor menor de 5 mm. La temperatura media anual tiene un valor mayor de 22°C y menor de 12°C. La temperatura más cálida se registra en el mes de junio (29 a 30°C) y el mes más frío es enero (17 a 18°C; INEGI 2010b).

- Semiseco muy cálido con lluvias en verano [BS1(h')W(w)]. Presenta lluvias de verano y precipitación invernal menor de 5 mm. Se localiza en una pequeña región del extremo sur, en parte de los municipios de Apozol, Juchipila y Moyahua de Estrada. La precipitación media anual fluctúa entre 700 y 800 mm y la temperatura media anual es mayor de 22°C. El mes de máxima incidencia de lluvias es julio con un rango que varía entre 150 y 160 mm; la precipitación mínima se registra en marzo con un valor menor de 5 mm. La temperatura máxima (25 a 26°C) se presenta en el mes de junio y la mínima se registra en enero (19 a 20°C; INEGI 1981).

Conclusión

En Zacatecas predominan los climas secos, aunque se pueden encontrar bosques de coníferas, de encino y de pino, en la región sur, sureste y una pequeña parte al norte del estado, así como pastizal natural en la región del centro. A pesar de que estos climas podrían representar una limitante para la agricultura, se conocen zonas agrícolas y frutícolas importantes en la entidad, tales como Río Grande, Fresnillo, Tabasco y Jalpa, así como otras en la región suroeste.

Vegetación primaria

La vegetación primaria se refiere a las comunidades vegetales que se desarrollan de manera natural y que habitan un territorio antes de que sea sometido a la actividad humana. En Zacatecas esta vegetación estaba constituida por bosques espinosos, tropical caducifolios, de encinos (*Quercus*) y de coníferas, además de matorrales xerófilos

y pastizales (Balleza *et al.* 2005). Esta diversidad fue posible por la confluencia de dos regiones, la Neotropical y la Neártica, donde evolucionaron diferentes grupos biológicos y las que, debido a intensas migraciones, tanto de especies vegetales como animales, constituyen una zona de influencia biológica mixta. Adicionalmente, en la entidad convergen las provincias florísticas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Altiplanicie y Costa Pacífica (Rzedowski 2006), sobre las que se distribuyen diversos tipos de vegetación que van desde matorral xerófilo, bosques de pino y encino, hasta bosque tropical caducifolio (Rzedowski 2006).

Con la finalidad de conocer la extensión que ocupó la cobertura vegetal original (vegetación primaria) previa a los disturbios, el INEGI (2010c) se dio a la tarea de realizar esta investigación (cuadro 6).

Matorral xerófilo

Ocupaba menos de la mitad de la superficie estatal y se distribuía entre la Sierra Madre Oriental y la Mesa del Centro.

Este tipo de vegetación comprende las comunidades arbustivas de las zonas de climas áridos y semiáridos, como el matorral desértico micrófilo, el matorral desértico rosetófilo, el matorral espinoso tamaulipeco, el matorral submontano y el chaparral. Los géneros más frecuentes, tanto del estrato arbóreo como arbustivo, son: *Prosopis*, *Arctostaphylos* y *Bursera*, así como diversos géneros de cactáceas. Estas extensiones vegetales han sido perturbadas a lo largo de la historia, ya que su superficie ha sido disminuida por la expansión de las áreas urbanas y la ganadería (INEGI 1981).

Pastizal

Se distribuía en las zonas de clima seco y semiseco (BS1 y BS0), en las subprovincias fisiográficas de Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, Sierras y Llanuras del Norte, y Sierras y Valles Zacatecanos, entre otras (figura 9).

Este tipo de vegetación se encuentra dominado por las gramíneas o pastos de los géneros

Bouteloua, *Andropogon*, *Aristida* y *Muhlenbergia*, mientras que los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y solo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos.

Desde el punto de vista de la economía humana, las áreas cuya cubierta vegetal está dominada por gramíneas revisten gran importancia, pues constituyen el medio natural más propicio para el aprovechamiento pecuario. En la mayor parte de los casos, la utilización de los pastizales naturales no es óptimo y en muchos sitios el sobrepastoreo ha reducido la cobertura y el suelo está expuesto a los efectos de la erosión (Rzedowski 2006).

Bosque templado

Se encontraban distribuidos principalmente en las zonas montañosas con climas templados subhúmedos y lluvias en verano (C(w1)), tales como la sierra de Morones, el cerro La Aguillilla y la sierra El Astillero. Era común en la Sierra Madre Occidental a una altitud aproximada de entre 1 600 a 2 650 msnm.

Los principales géneros del estrato arbóreo del bosque templado son: *Pinus* (pinos), *Abies* (abetos), *Cupressus* (cedros) y *Quercus* (encinos). Estos bosques son una fuente importante de recursos maderables, por lo que se ha intensificado su explotación debido al aumento en la demanda de diversas materias primas, además de que son afectados por la expansión de la frontera agropecuaria (Rzedowski 2006).

Selva caducifolia

Se distribuía por las subprovincias fisiográficas Sierras y Valles Zacatecanos y Mesetas y Cañones del Sur. Este tipo de vegetación se distingue por la pérdida de follaje en la época seca, mientras que en las lluvias aprovecha para su desarrollo, crecimiento y reproducción. Las principales especies que se encuentran son: *Bursera simaruba* (palo mulato), *Cordia* spp. (ciricote, cuéramo), *C. gerascanthus*, y *Pachycereus*, entre otras (INEGI 1981).

Conclusiones

La vegetación primaria del estado, es decir, aquella que existía en el territorio antes de que fuera sometido a la actividad humana, comprendía cuatro tipos de vegetación: selva caducifolia, bosque templado, pastizal y matorral xerófilo. Estas han sufrido cambios importantes a lo largo del tiempo, por lo que la superficie ocupada actualmente por la vegetación secundaria es considerable y va en constante aumento. Esta situación crea la necesidad de conservar las zonas más afectadas de Zacatecas. Entre las más impactadas se encuentran: 1) gran parte de la región centro-sur de la entidad, particularmente la subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos, 2) la provincia Mesa del Centro, subprovincia Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas y 3) los límites con el estado de Aguascalientes. Todas estas áreas son utilizadas para la agricultura, ganadería y minería, principalmente.

Cuadro 6. Vegetación primaria.

Tipo	Altitud	Clima	Géneros dominantes	Superficie (km ²)	Superficie estatal (%)
Matorral xerófilo	1 950	BW	<i>Prosopis</i> , <i>Bursera</i>	32 198.13	43.23
Pastizal	2 500	BS1 y BS0	<i>Bouteloua</i>	23 932.95	32.13
Bosque templado	2 650	C(w1)	<i>Pinus</i> , <i>Abies</i> , <i>Cupressus</i>	14 550.24	19.53
Selva caducifolia	1 500	BS1hw	<i>Bursera</i> , <i>Cordia</i>	3 748.34	5.04
Cuerpos de agua				50.04	0.07
Total				74 479.70	100.00

Fuente: INEGI 2010c.

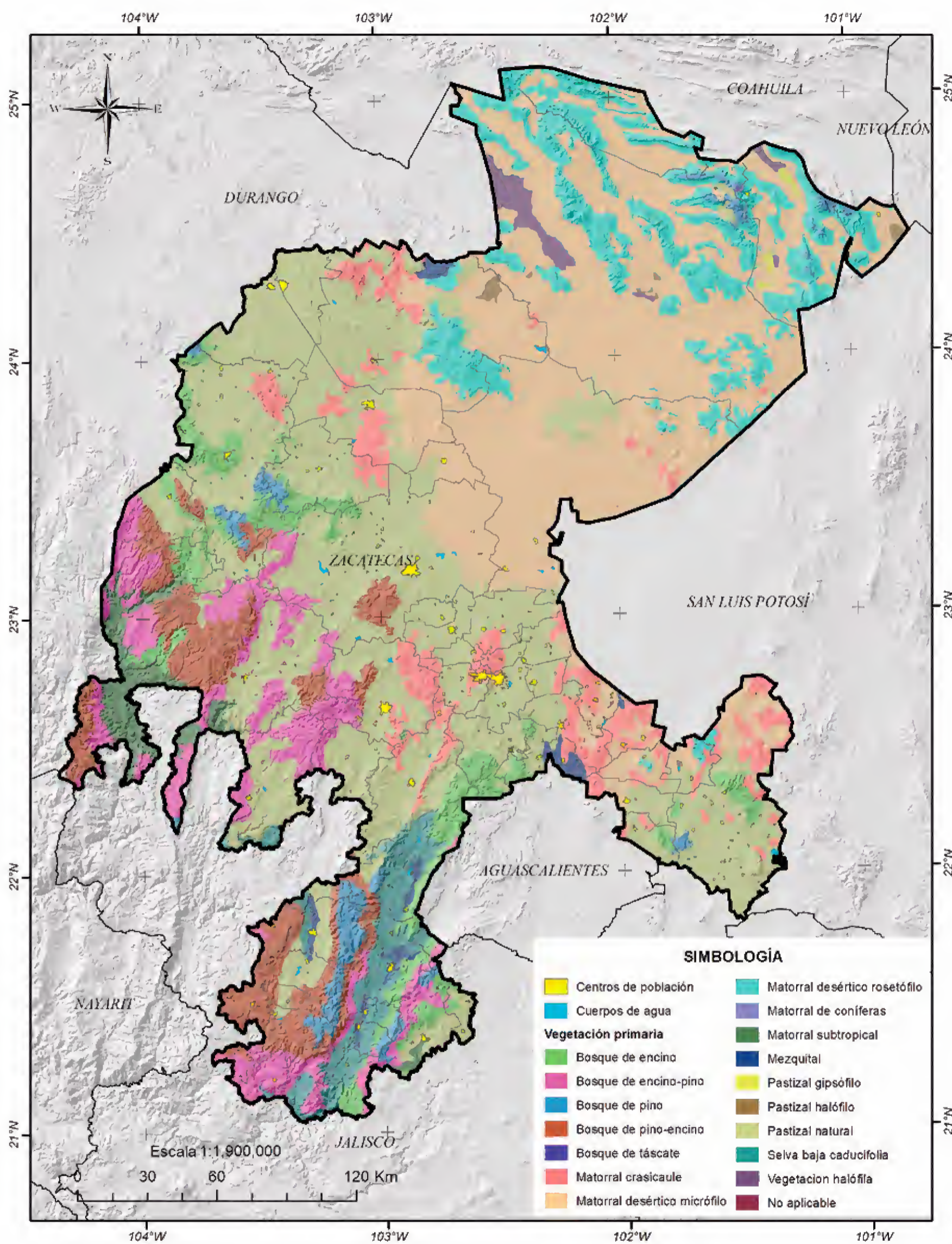


Figura 9. Vegetación primaria. Fuente: elaboración con base en INEGI 2010.

Referencias

- Balleza, J. de J., J.L. Villaseñor y G. Ibarra-Manríquez. 2005. Regionalización biogeográfica de Zacatecas, México, con base en los patrones de distribución de la familia Asteraceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:71-78.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2011. *Climogramas de temperatura y precipitación media anual de la estación Sombrerete, Zacatecas y La Florida*. Subdirección de asistencia técnica-operativa, dirección local, Zacatecas.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981. *Síntesis de información geográfica estatal correspondiente al estado de Zacatecas*. INEGI, México.
- . 1993. *Conjunto de datos geográficos de la carta geológica escala 1:250 000*. INEGI, México.
- . 2000a. *Conjunto de datos geográficos de la carta de provincias fisiográficas escala 1:250 000*. INEGI, México.
- . 2000b. *Conjunto nacional de información climática escala 1: 1 000 000*. INEGI, México.
- . 2002. *Conjunto de datos vectoriales geológicos. Continuo Nacional escala 1:1 000 000*. INEGI, México.
- . 2004. *Guía para la interpretación de la carta edafológica*. INEGI, México.
- . 2005. *Guía para la interpretación de cartografía climatológica*. INEGI, México.
- . 2008. *Conjunto vectorial de datos edafológicos escala 1:250 000 serie III*. INEGI, México.
- . 2010a. *Marco geoestadístico nacional*. INEGI, México.
- . 2010b. *Anuario estadístico del estado de Zacatecas. Aspectos geográficos de Zacatecas*. INEGI, México.
- . 2010c. *Conjunto vectorial de vegetación primaria escala 1:250 000 serie IV*. INEGI, México.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2004. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (periodo 1961-2003)*. INIFAP, México.
- Hernández, R.D. 2006. Suelo, factores y procesos. En: *Química de los procesos pedogenéticos*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, pp. 10-19.
- Rojas-Vilches, O. 2008. *Tiempo geológico*. Tesis de maestría en geografía. Universidad de Concepción, Chile.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf>, última consulta: 15 de mayo de 2013.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. Edición 2012. SEMARNAT, México.
- WRB. World Reference Base of Soil Resources. 2007. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Hidrología

Pedro Alvarado Medellín • Ruperto Ortiz Gómez

Las características fisiográficas del estado ocasionan condiciones hidrológicas muy particulares. Su ubicación geográfica (en particular con respecto a la Sierra Madre Occidental y a la Sierra Madre Oriental), su complicada topografía y su relieve sumamente accidentado con grandes variaciones altitudinales, ocasionan intensos contrastes en la disponibilidad de agua, tanto así que más de la mitad del territorio zacatecano está ocupado por zonas áridas y semiáridas, aunque en el suroeste existen porciones subhúmedas (INEGI 2012).

Regiones hidrológicas

Zacatecas contribuye con escurrimientos a cuatro de las 37 regiones hidrológicas (RH) que existen en el país (CONAGUA 2011a; figura 1), las cuales se describen brevemente a continuación.

- RH-11 Presidio-San Pedro. Tiene poca influencia en la entidad, apenas abarca 3.8% de la superficie estatal. Se localiza en una región con precipitaciones importantes; sin embargo, sus escurrimientos se dirigen hacia el estado de Durango, cruzan la sierra por el cañón del Mezquital y vierten en la región de manglares en el estado de Nayarit; posteriormente desembocan en el océano Pacífico (cuadro 1).

- RH-12 Lerma-Chapala-Santiago. Cubre 32.7% de la superficie estatal. Esta región es donde se presentan las mayores precipitaciones del estado, que van del orden de los 730 a los 550 mm anuales, y es donde se encuentran los principales aprovechamientos en infraestructura hidráulica de la entidad; sin embargo, la disponibilidad per cápita es de apenas 1 646 m³/hab/año (cuadro 1).

En la región se originan tres afluentes importantes del río Santiago: Juchipila, Jerez-Valparaíso-

Tlaltenango (en Jalisco se conoce como río Bolaños) y San Juan (cuadro 2).

Es importante destacar que los escurrimientos que se generan en la RH-12 fluyen hacia el río Santiago mediante lo que se conoce como el sistema hidrológico del Río Grande de Santiago, formado por las presas hidroeléctricas Santa Rosa, La Yesca, El Cajón y Aguamilpa. Finalmente, las aguas del río Santiago desembocan en el océano Pacífico a través del municipio de San Blas en el estado de Nayarit.

- RH-36 Nazas-Aguanaval. Cubre 23.5% de la superficie estatal. En la vertiente del río Aguanaval destaca el río Grande que tiene sus orígenes en los municipios de Fresnillo, Valparaíso y Chalchihuites. En su cauce se localizan las presas Leobardo Reynoso y Santa Rosa en el municipio de Fresnillo, y la presa El Cazadero en el municipio de Río Grande.

En el estado recorre aproximadamente 262 km y fluye con dirección norte; cruza una pequeña porción del estado de Durango y, finalmente, se incorpora a las aguas del río Nazas poco antes de llegar a la región lagunera.

- RH-37 El Salado. Cubre 40% de la superficie estatal. A pesar de que contiene la mayor parte del territorio estatal no tiene almacenamientos ni corrientes importantes en el estado.

Las RH-36 y 37 forman parte de las cuencas centrales del norte que tienen la singularidad de que sus aguas no desembocan en ningún océano. Estas cuencas conforman una parte del territorio nacional conocida como Altiplano mexicano, aunque en la región se conoce bajo el nombre de Llanura zacatecana. Se caracterizan por su escasa precipitación, sus limitados recursos hidráulicos y por tener un clima seco-templado.

Alvarado Medellín, P. y R. Ortiz-Gómez. 2020. Hidrología. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 47-52.

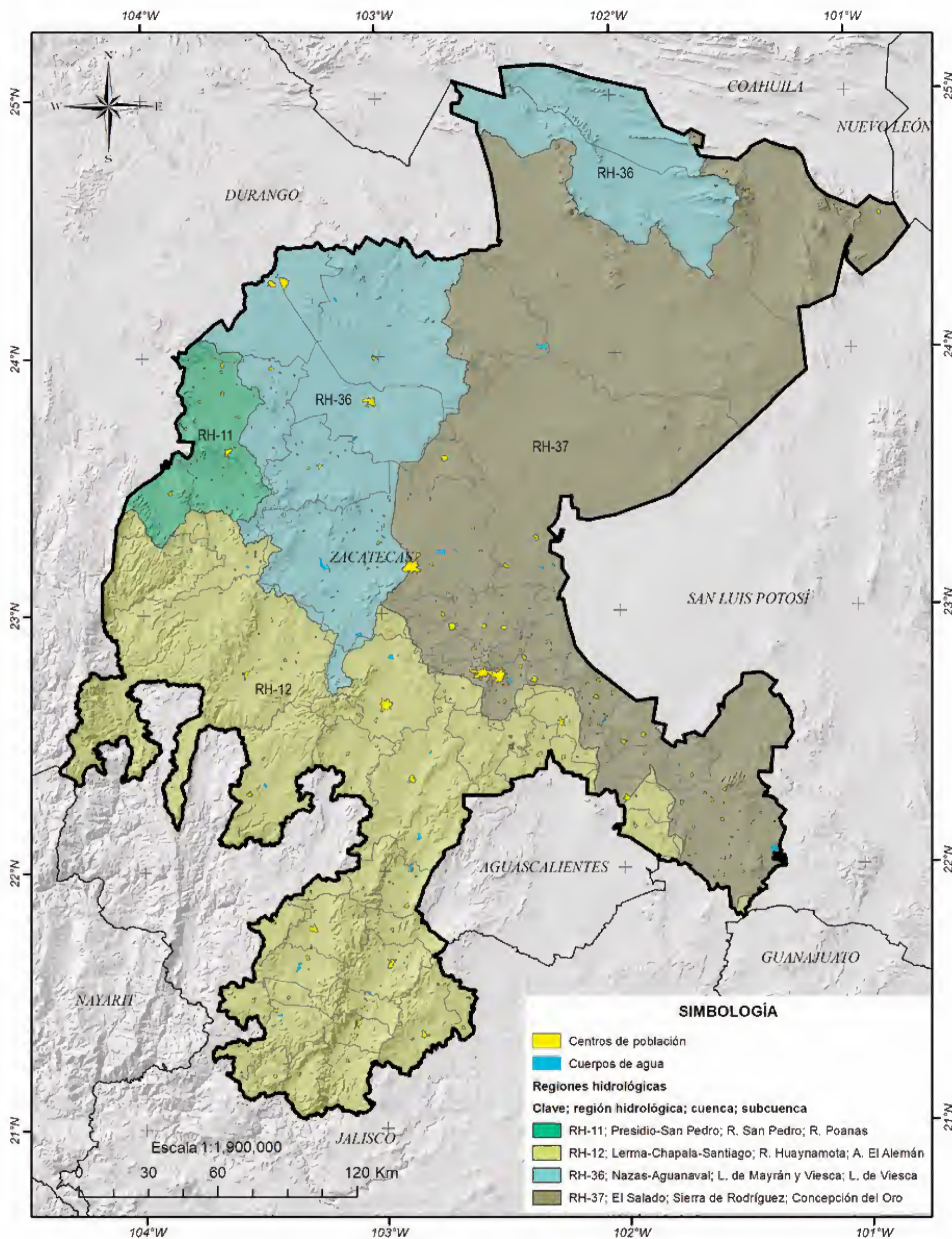


Figura 1. Regiones hidrológicas. Fuente: elaboración con base en SRH 1969.

Cuadro 1. Regiones hidrológicas (RH).

Nombre	Municipios	Clima	Principales ríos	Cuerpos de agua superficiales	Acuíferos sobreexplotados	Acuíferos subexplotados	Superficie (km ²)	**Disponibilidad per cápita (m ³ /hab/año)
RH-11 Presidio-San Pedro	*Chalchihuites y *Sombrerete	Templado subhúmedo con lluvias en verano	Súchil y Poanas	El Maestranzo (municipio de Chalchihuites)	Sabinas	Hidalgo	2 794.3	6 473
RH-12 Lerma-Chapala-Santiago	Apozol, Apulco, Atolinga, Benito Juárez, Cuauhtémoc, *Chalchihuites, Trinidad García de la Cadena, Genaro Codina, El Plateado Joaquín Amaro, Huanusco, Jalpa, Jerez, Jiménez del Teúl, Juchipila, *Loreto, Luis Moya, Mezquital del Oro, Momax, Monte Escobedo, Morelos, Moyahua de Estrada, Nochistlán de Mejía, *Noria de Angeles, *Ojocaliente, *Sombrerete, Susticacán, Tabasco, Tepechitlán, Tepetongo, Teúl de González Ortega, Tlaltenango de Sánchez Román, Valparaíso, Villa García, Villanueva, *Zacatecas y Santa María de la Paz	Semicálido subhúmedo, con lluvias en verano y menor proporción en invierno (cañón de Tlaltenango). Semiseco-semicálido (cañón de Juchipila)	Huaynamota, Valparaíso-Bolaños, Jerez-Tlaltenango y Juchipila	Presas Miguel Alemán y Ramón López Velarde (cañón de Tlaltenango) y presas Ing. Julián Adame, El Chique y Achoquen (cañón de Juchipila)	Jerez, Villanueva, Benito Juárez y Ojocaliente	Corrales, Valparaíso, Tlaltenango-Tepechitlán, García de la Cadena, Nochistlán y Jalpa-Juchipila-Villa García	24 371.7	1 646
RH-36 Nazas-Aguanaval	*Fresnillo, Gral. Francisco R. Murgía, Juan Aldama, *Loreto, *Mazapil, *Melchor Ocampo, Miguel Auza, *Río Grande, Saín Alto y *Sombrerete	Semiseco templado. Seco templado (norte de la RH)	Trujillo-Aguanaval	Presas Leobardo Reynoso, Santa Rosa y El Cazadero	Aguanaval y Abrego	Saín Alto, El Palmar y Cedros	17 560.0	1 887
RH-37 El Salado	Calera, Cañitas de Felipe Pescador, Concepción del Oro, *Fresnillo, Gral. Enrique Estrada, *Gral. Francisco R. Murgía, Gral. Pánfilo Natera, Guadalupe, *Mazapil, *Melchor Ocampo, Noria de Angeles, *Ojocaliente, Pánuco, Pinos, *Río Grande, El Salvador, *Sombrerete, Vetagrande, Villa de Cos, Villa González Ortega, Villa Hidalgo, *Zacatecas y Trancoso	Semiseco templado (sur de la RH). Seco templado (norte de la RH)	No tiene	Bordos y pequeñas presas	Guadalupe de las Corrientes, Puerto Madero, Calera, Chupaderos, Guadalupe-Bañuelos, La Blanca, Loreto y Villa Hidalgo	El Salvador, Guadalupe Garzarón, Camacho, El Cardito, Pinos, Espíritu Santo, Pino Suárez y Saldaña	29 753.7	1 887

* Municipios que forman parte de una RH de manera parcial.

** Es el agua que se renueva anualmente por efecto de la lluvia en una cuenca o en una región.

Fuente: elaboración con base en CONAGUA 2011a, b.

Cuadro 2. Principales ríos de la RH-12 Lerma-Chapala-Santiago.

Tributario	Longitud en Zacatecas (km)	Descripción	Almacenamientos
Río Juchipila			
	258	Nace prácticamente en las afueras de la capital del estado, fluye hacia el suroeste y desemboca en el río Santiago, aguas arriba de la presa Santa Rosa en el estado de Jalisco	Presas Ing. Julián Adame Alatorre, El Chique y Achoquen
Río Bolaños			
Río Jerez	109	Nace entre los límites de los municipios de Jerez y Fresnillo. Al ingresar a territorio jalisciense se conoce con el nombre de río Colotlán	Presa Ramón López Velarde
Río Tlaltenango	119	Tiene origen en Teúl de González Ortega, fluye con dirección norte, pasa por la ciudad de Tlaltenango, al norte de la ciudad de Momax, y se une con el río Jerez-Colotlán en territorio jalisciense, donde fluyen en dirección oeste	Presa Miguel Alemán
Río Valparaíso	79	Tiene su origen en los límites de Fresnillo y Sombrerete. Fluye con dirección suroeste y pasa por la ciudad de Valparaíso	Presa Lobatos
Río San Juan			
	202	Nace entre los límites de los municipios de Jiménez del Teúl, Chalchihuites y Sombrerete. En Jiménez del Teúl adquiere el nombre del municipio, posteriormente fluye con dirección sur y pasa por las cercanías de San Juan Capistrano, donde adquiere el nombre de río San Juan	

Fuente: elaboración con base en SRH 1969.

Hidrología subterránea

El agua de origen subterráneo representa la reserva de agua más importante en el estado. Este recurso desempeña un papel clave para el desarrollo socioeconómico de la entidad debido a las condiciones climáticas que predominan en la región. No obstante, la apertura de nuevas tierras para la agricultura de riego, la proliferación de pozos, la reducción de la cobertura vegetal y la deforestación, han causado la constante pérdida de volumen.

Al respecto, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reconoce en el estado la existencia de 34 acuíferos de los que se obtiene la mayor cantidad del agua que se utiliza en la entidad (figura 2). Las extracciones se hacen principalmente para uso agrícola, para abastecimiento de agua potable y uso industrial. Se tiene una recarga media anual estimada de 1 012 Mm³ y se extraen casi 1 435 Mm³, por lo que existe un déficit anual de 423 Mm³. Esta situación ha causado que la dependencia federal considere que 15 acuíferos del estado se encuentran en la categoría de sobreexplotados, ya que se extrae más agua de la que ingresa por la infiltración (SEMARNAT 2009).

Los tres acuíferos con mayor sobreexplotación son: Chupaderos, Calera y Aguanaval. Es importante mencionar que estos son la principal fuente de abastecimiento de agua para la población, así como para el sector agrícola, pues en ellos se localizan los principales centros urbanos y agrícolas del estado (INEGI 2010).

Entre los principales impactos que causa la sobreexplotación de los acuíferos se pueden destacar los siguientes: el constante descenso del nivel del agua con su correspondiente aumento en el costo de extracción, el deterioro de la calidad de la reserva de agua subterránea, la disminución de la rentabilidad de la agricultura, la incertidumbre sobre el abasto futuro a los centros urbanos, el hundimiento y el agrietamiento de los terrenos, sin olvidar los consecuentes impactos ambientales y económicos.

Conclusiones

En Zacatecas, la principal fuente de abastecimiento de agua proviene del subsuelo. Por tal razón se debe de promover entre los usuarios y las dependencias responsables de administrar estos recursos, la conservación y el uso eficiente del agua que proviene de estas fuentes. De la misma manera,

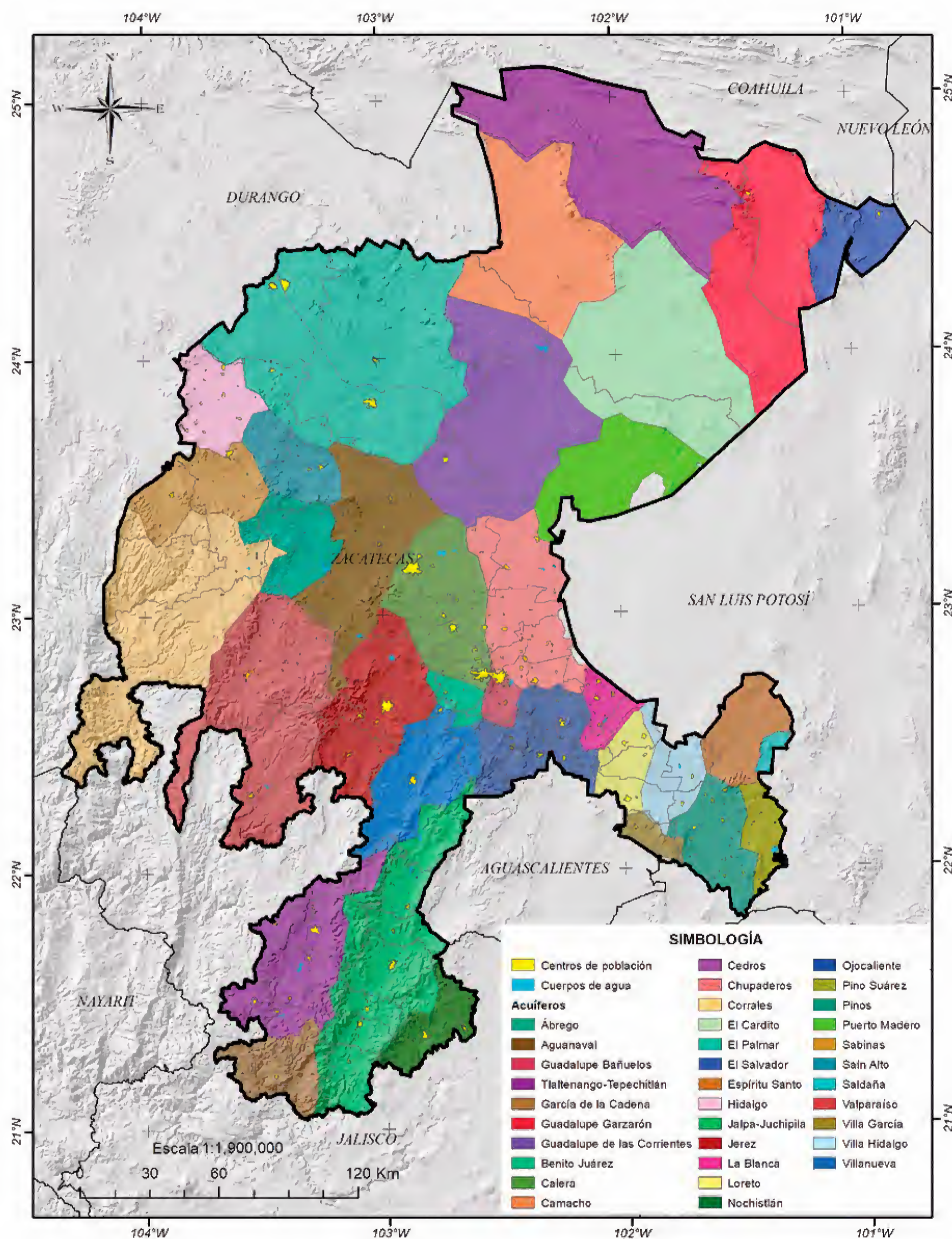


Figura 2. Acuíferos. Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2009.

para disminuir la sobreexplotación se requiere un cambio en las políticas de aprovechamiento del recurso, principalmente el agua de origen subterráneo, que tomen en cuenta las características del clima, con planes de utilización en el corto, mediano y largo plazo, y que incluyan la conservación de cuencas. Asimismo se debe de estimular la construcción de infraestructura destinada a la

captación de agua con fines de infiltración en áreas identificadas con potencial para la recarga de acuíferos. Finalmente, se recomienda la construcción de nueva infraestructura para la captación del agua superficial. Lo anterior se debe a que se capta aproximadamente 35% del total de los escurrimientos, los cuales son aprovechados en su mayoría por los estados vecinos de Jalisco y Nayarit.

Referencias

- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2011a. *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. CONAGUA, México.
- . 2011b. *Atlas del agua en México 2011*. CONAGUA, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. INEGI, México.
- . 2012. *Perspectiva estadística de Zacatecas*. INEGI, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. *Acuerdo por el que se 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 20 de abril de 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

- SRH. Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1969. *Planos hidrológicos de las regiones 11, 12, 36 y 37*. Dirección de hidrología, irrigación y control de ríos-SRH, México.





DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección II

CONTEXTO SOCIOECONÓMICO Y MARCO JURÍDICO

Resumen ejecutivo

Contexto socioeconómico y marco jurídico

Luz Evelia Padilla Bernal • Rodolfo Esteban González Parga

El aprovechamiento racional de los recursos naturales es la base para un desarrollo social, económico y ecológicamente sustentable de la población humana. Considerando que todo desarrollo tecnológico e industrial tiene un costo ambiental que desgasta la disponibilidad de los recursos naturales y, por lo tanto, merma las capacidades de desarrollo de la entidad y del país, entender la situación actual de diversos indicadores socioeconómicos es fundamental para proponer acciones que minimicen el impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad. Asimismo, es necesario conocer el marco legal que norma y regula las acciones relacionadas con el uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en el estado.

Indicadores socioeconómicos

La población no ha dejado de aumentar, aunque su ritmo de crecimiento ha disminuido desde la década de los setenta. Entre 1990-2000 se alcanzó una tasa de crecimiento demográfico de 0.6%. Esto se atribuye a los programas de planificación familiar en México, los cambios educativos, económicos y de salud, así como a la elevada migración que caracteriza al estado.

La esperanza de vida promedio se ha incrementado en los últimos años. Mientras que en el 2006 este indicador se ubicaba en 75.4 años, en el 2011 se incrementó a 76.1 años, valor superior al nacional, el cual se ubicó en este último año en 75.6 años. El aumento de la esperanza de vida refleja los avances en materia de salud pública que se han experimentado tanto en el estado como en el resto del país.

En materia de educación, Zacatecas presenta rezagos importantes. La escolaridad promedio es de 7.9 años, lo que equivale al segundo de secundaria (7.76 años para los hombres y 8.03 para las mujeres), valor menor que el promedio nacional (8.6 años). Se requiere incrementar la asistencia escolar de los adolescentes y jóvenes, así como abatir los índices de deserción en los niveles básico y medio superior para elevar la escolaridad. De igual forma, se necesita reducir la brecha educativa existente entre la capital del estado y algunos de sus municipios. La situación de la educación media y superior deja ver la necesidad de esfuerzos para reposicionar al estado en materia educativa.

En lo que se refiere al desempeño de la actividad económica, la mayor parte de la generación del producto interno bruto (PIB) estatal se encuentra en el sector servicios (57.9%) y, en menor medida, en los sectores manufacturero (30.9%) y agropecuario (11.1%). No obstante la caída de la aportación estatal al PIB nacional, el PIB per cápita ha presentado una tendencia creciente en los últimos años, lo que se puede atribuir a la baja en la tasa de crecimiento demográfico. Sin embargo, el ingreso es precario en cerca de 37% de la población ocupada.

El sector agropecuario se caracteriza por su alta generación de empleos, pero representa una baja contribución al PIB estatal. Este sector ocasiona severos impactos ambientales, como el cambio de uso del suelo y un alto consumo de agua subterránea. De igual forma, la actividad minera contribuye poco al PIB (8.1%) y provoca graves afectaciones ambientales y problemas sociales, lo que la convierte en una práctica poco sustentable en el estado.

Padilla-Bernal, L.E. y R.E. González Parga. 2020. Resumen ejecutivo. Contexto socioeconómico y marco jurídico. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 56-58.

La calidad de los servicios que se prestan con infraestructura administrada por los ayuntamientos municipales (servicios de limpia y tratamiento de aguas residuales) se encuentra por debajo del promedio nacional. En cuanto a la infraestructura energética, el grado de electrificación es de 98.36%. Los requerimientos en infraestructura industrial son satisfechos, aunque se requiere incrementar el padrón de usuarios mediante el fomento a la inversión privada.

En lo que se refiere a la cantidad y calidad de los servicios médicos, el estado presenta un avance, aunque es necesario mejorar la infraestructura hospitalaria y ampliar el personal de servicio médico, enfermería y apoyo. La mayor asignación de infraestructura en el área educativa, en cuanto a planteles y aulas, corresponde a los niveles de educación básica (preescolar, primaria y secundaria).

Marco jurídico

En lo que respecta al contexto normativo en materia de biodiversidad aplicable en la entidad, este se conforma por instrumentos jurídicos de distintos niveles de competencia. En primera instancia, a nivel internacional, México es signatario de diversos convenios, tratados y comisiones que promueven políticas y acciones de conservación y uso de la biodiversidad, desarrollo sustentable, y protección y mejoramiento del medio ambiente en los que, por consiguiente, las entidades deben participar comprometidamente; tal es el caso del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la Comisión para la Cooperación Ambiental del Norte, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Comité Trilateral MÉXICO-EUA de Vida Silvestre para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre y Ecosistemas.

Entre las leyes nacionales en materia de biodiversidad destacan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

y la Ley de Aguas Nacionales (LAN). Otras que se relacionan con el uso de la biodiversidad son la Ley Agraria, La Ley General de Asentamientos Humanos y el Código Penal, que tipifica los delitos contra el ambiente y la biodiversidad. Asimismo, existe un conjunto de normas oficiales mexicanas (NOM) en materia de biodiversidad que determinan lineamientos, criterios y especificaciones para el aprovechamiento, manejo, uso y conservación de la biodiversidad en México.

En el marco jurídico estatal está prevista la regulación y el derecho a un medio ambiente adecuado y sano. Entre las principales leyes decretadas se encuentran: la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas (LEPAEZ), la Ley de Bienestar y Protección de los Animales en el Estado de Zacatecas, la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Zacatecas y la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas; todas ellas apoyadas en la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas, en su Código Penal, y que se expresan tanto en el Plan estatal de desarrollo 2011-2016 como en el 2017-2021. Finalmente, de manera local, la Ley Orgánica del Municipio del Estado de Zacatecas concede atribuciones a los municipios para regular la competencia en materia ambiental.

En cuanto a la estructura organizacional, las instituciones ambientales federales encargadas de la biodiversidad con presencia en el estado son: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). A nivel estatal, la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA) es la dependencia encargada de definir las políticas de protección, restitución y conservación del medio ambiente, así como las de agua potable, alcantarillado y saneamiento, y la prevención y disminución de la contaminación ambiental; mientras que la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas, órgano desconcentrado de la

SAMA, es la encargada de vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental de competencia estatal.

La información presentada refleja la necesidad de enfatizar que toda estrategia de desarrollo en el estado debe estar impulsada por objetivos de sustentabilidad, incorporando elementos sociales, económicos y ecológicos, de tal forma que las acciones institucionales contribuyan de forma responsable, considerando la conservación y uso sustentable del suelo, agua, aire y biodiversidad.

Asimismo, a fin de avanzar en la implementación de las leyes, políticas y estrategias relacionadas con el uso y conservación de la biodiversidad, es necesario trabajar en el desarrollo de la estructura orgánica gubernamental en la materia, tanto a nivel estatal como municipal. Esto implica dotar de infraestructura y de personal a las dependencias y, finalmente, capacitar a las autoridades ambientales y proporcionarles herramientas técnicas para cumplir con sus atribuciones en beneficio de la sociedad y el medio ambiente.

Población

Óscar Pérez Veyna • Eramis Bueno Sánchez

En este capítulo se analizan las tendencias de algunos de los indicadores básicos del comportamiento de la población, tales como dispersión, migración e impacto, evolución y estructura.

Dispersión

El estado cuenta con 4 672 localidades distribuidas en 58 municipios (INEGI 2011a). En número de habitantes ocupa el lugar 25 a nivel nacional con una densidad de 19.8 hab/km² (INEGI 2011b); 59.5% de la población habita en comunidades de 2 500 o más habitantes, mientras que 40.5% tienen de 1 a 2 499 residentes (INEGI 2012). Esta dispersión de pequeñas comunidades por la geografía del estado dificulta la cobertura de servicios básicos, por lo que es un indicador clave para determinar el grado de avance en atención a la población.

Migración

Históricamente, el estado se ha destacado por la emigración, tanto a diferentes entidades como hacia otros países, fundamentalmente Estados Unidos de América, por lo que persiste en la entidad un alto grado de dispersión de la población asociada al fenómeno migratorio.

En el periodo 1990-2010 se observaron cambios importantes que revelan que el volumen de la población se está concentrando en grandes localidades (figura 1). Este súbito crecimiento ha ocasionado una fuerte presión sobre el suelo urbano, la vivienda, los servicios (educación, agua potable, seguridad) y una urgente demanda de empleos.

La población total del estado (1 490 668 habitantes) representa 1.3% de la nacional; más de la mitad son mujeres (51.2%) y 48.8% son hombres.

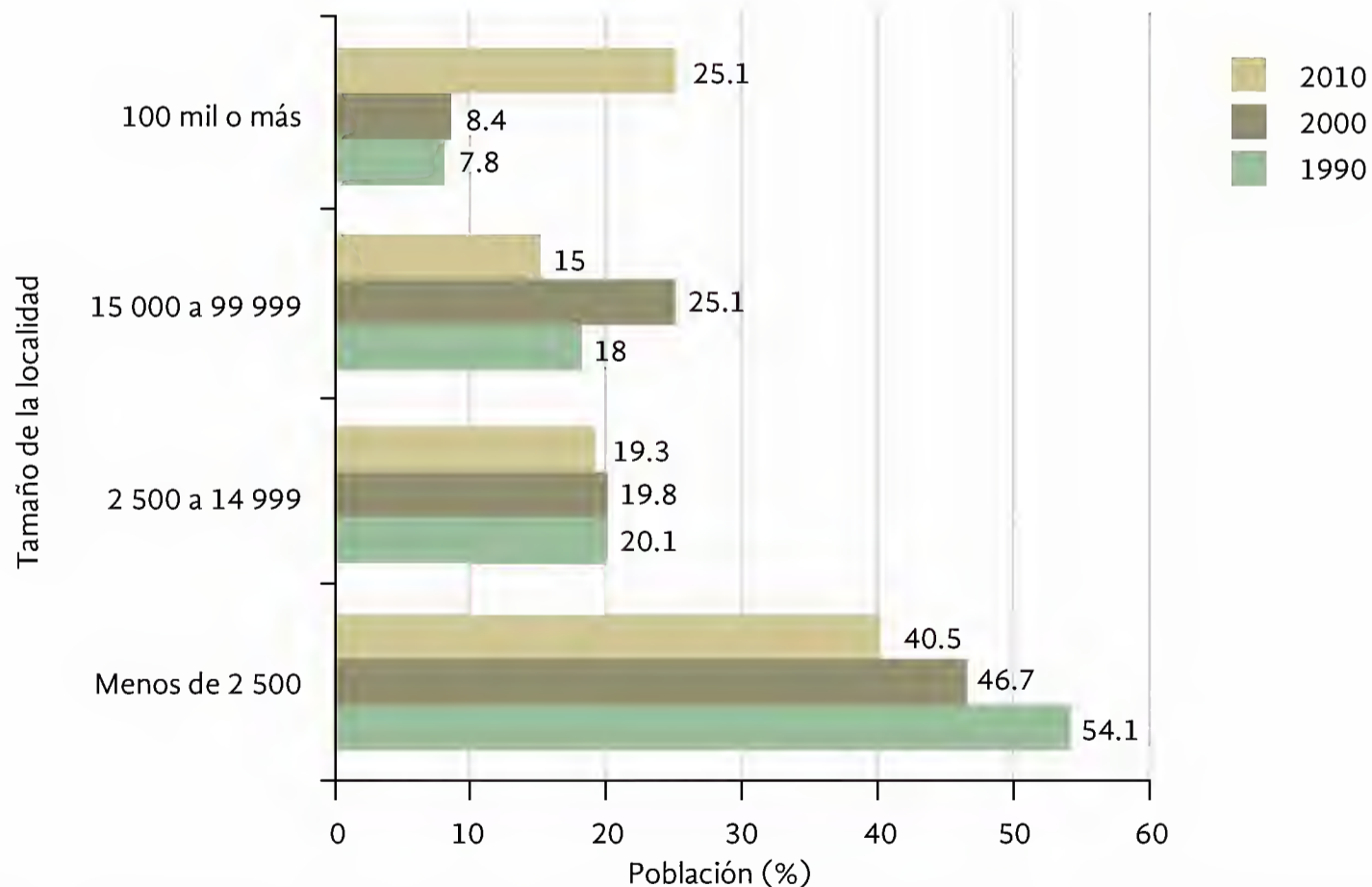


Figura 1. Distribución de la población por tamaño de localidad de residencia, en el periodo de 1990-2010. Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

Pérez-Veyna, Ó. y E. Bueno-Sánchez. 2020. Población. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 59-62.

En los municipios de Fresnillo, Guadalupe, Zacatecas, Pinos, Río Grande, Sombrerete y Jerez se concentra 51% de la población. Mientras que las ciudades de Fresnillo (213 139), Guadalupe (159 991) y Zacatecas (138 176) cuentan con más de 100 mil habitantes, lo que evidencia el predominio de la población urbana sobre la rural (INEGI 2012).

Impacto de la migración

La migración masculina en busca de fuentes de empleo se refleja en el índice de feminidad (cociente resultante del número de mujeres entre el número de hombres, expresado en porcentaje), que muestra valores por encima de 100 (107.1% en 2000 y 109.11% en 2010). La principal causa del alto índice de feminidad se debe al predominio del sexo masculino entre las personas que emigran de la entidad (Luévano 2009).

Evolución

La población no ha dejado de aumentar, aunque en la actualidad el incremento es mucho más lento. La dinámica de la población en el siglo pasado fue reflejo de ciertos eventos que incidieron en la entidad (figura 2). Por ejemplo, entre 1910 y 1921, la pérdida de vidas por la lucha armada que

vivió el país, redujo la población a una tasa de crecimiento anual de -2.05% (INEGI 2011a). En el periodo de 1921 a 1930, la población residente en Zacatecas aumentó en poco más de 79 mil personas como resultado de la alta tasa de fecundidad. En los años sucesivos, la implementación de programas de planificación familiar en México (1974), combinados con los cambios educativos, económicos y de salud, así como la migración que caracteriza al estado, contribuyeron a que disminuyera el ritmo de crecimiento. De ahí que entre 1990-2000 la tasa alcanzara el menor aumento (0.6%; CONAPO 2012).

De 2000 a 2010, la población creció a un ritmo medio de 0.94%, lo que se atribuye en gran medida al retorno de migrantes y sus familias, así como a una baja en el flujo de migrantes debido a la crisis económica que afecta a los Estados Unidos y al endurecimiento de la política migratoria de aquel país.

Estructura

En 1950, 45% de la población tenía menos de 15 años, proporción que aumentó hasta 50% en 1970, para descender en las décadas siguientes (cuadro 1). Entre 2000 y 2010, el grupo de edad de 0 a 14 años

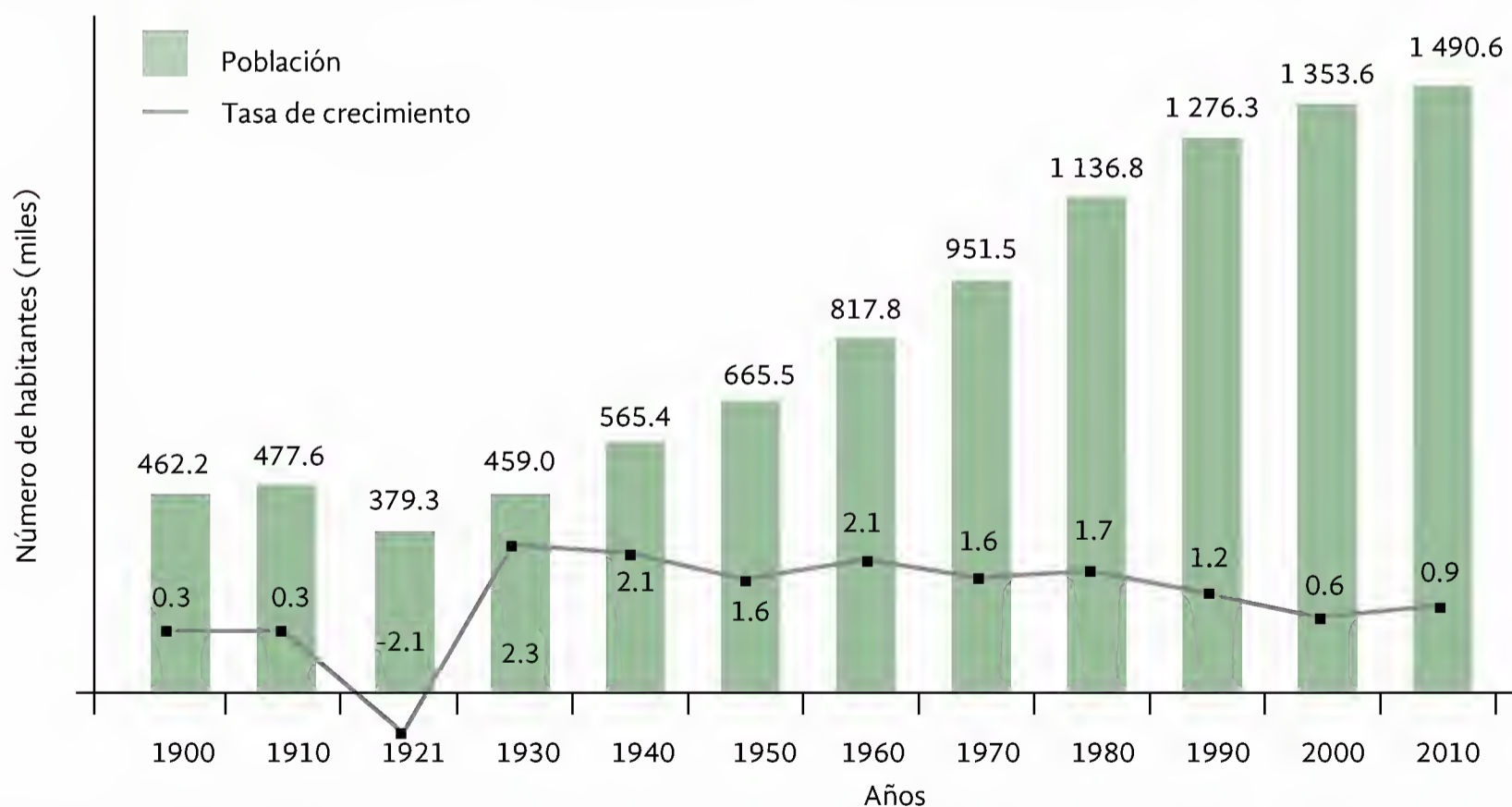


Figura 2. Población total y tasa de crecimiento promedio anual de 1895 a 2010. Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

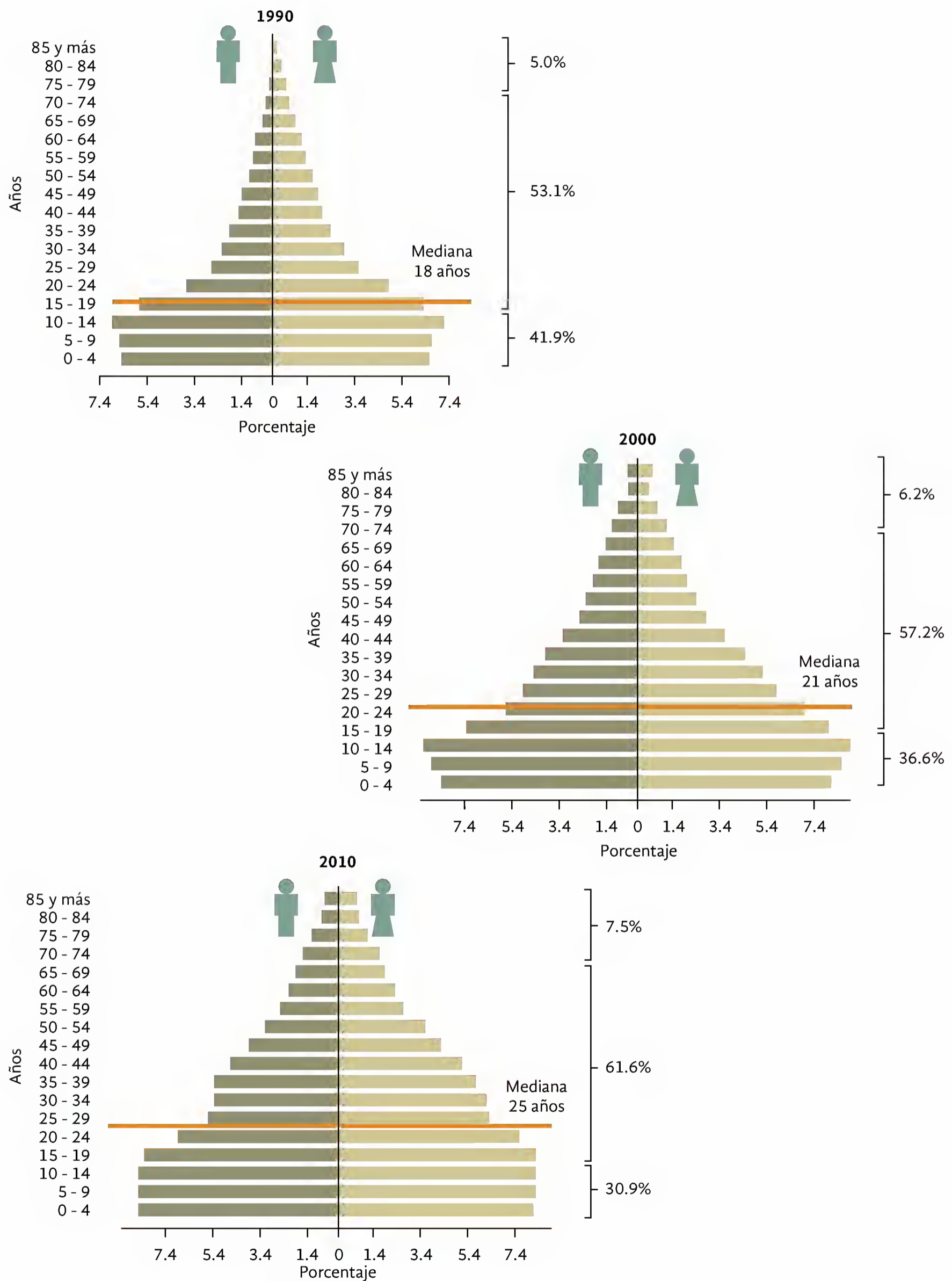


Figura3. Estructura de la población en 1990, 2000 y 2010. Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

registró una disminución de 32.8% a 31.4%, respectivamente, mientras que la población con 60 años o más aumentó hasta alcanzar 10.5% en el 2010. El incremento de la tasa entre los habitantes de 65 años y más, entre 1950 y 2010, se dio como reflejo del envejecimiento de la población (INEGI 2011a), por lo que se requiere que las autoridades encargadas de las tareas de salud y de seguridad social aseguren la atención que necesita este segmento de la población (cuadro 1).

La distribución relativa de la población por grandes grupos de edad (figura 3) facilita visualizar que la juventud del estado, a pesar de la disminución que se ha registrado, continúa siendo considerable.

El proceso de envejecimiento ocasiona un aumento en la edad mediana de la población, que es

el valor que se ubica al centro de la distribución de las edades al ordenarlas de menor a mayor. Cuando aumenta la proporción de personas con mayor edad y disminuye la de menor edad, el resultado es un incremento de la edad mediana. De ahí que la edad mediana en las mujeres es de 25 años y en los hombres de 24 (INEGI 2011c). La población femenina muestra un valor superior porque la mortalidad es menor que en los hombres, además de que sobreviven hasta edades más avanzadas.

Conclusión

Durante más de medio siglo Zacatecas ha mantenido tasas de crecimiento poblacional por debajo del promedio nacional, lo que refleja el despoblamiento al que ha sido expuesto por la ausencia de oportunidades en los lugares de origen.

Cuadro 1. Estructura de la población (en porcentaje) por grupos de edad de 1950-2010.

Grupo de edad	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
0-4	16.40	17.80	19.00	15.60	13.50	11.60	10.40
5-9	15.30	16.00	17.40	17.10	13.90	12.40	10.50
10-14	12.80	13.20	14.00	15.70	14.50	12.70	10.50
15-19	10.70	10.50	9.90	11.50	12.40	10.90	9.20
20-59	39.40	37.10	33.50	34.00	38.40	43.70	48.90
60 y más	5.40	5.40	6.20	6.10	7.30	8.70	10.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

No se incluye a la población no especificada.

Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

Referencias

- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2012. *Zacatecas indicadores demográficos, 2005-2030*. En: <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Cuadernos/32_Cuadernillo_Zacatecas.pdf>, última consulta: 20 de agosto de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011a. *Principales resultados del Censo de población y vivienda 2010. Zacatecas*. En: <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=32>>, última consulta: 15 de agosto de 2012.
- . 2011b. *Panorama sociodemográfico de México. Censo de población y vivienda 2010*. INEGI, México.
- . 2011c. *Sistema para la consulta del anuario estadístico de Zacatecas 2010*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee12/info/zac/mapas.pdf>>, última consulta: 11 de enero de 2013.
- . 2012. *Perspectiva estadística Zacatecas. Diciembre 2011*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-zac.pdf>>, última consulta: 29 de enero de 2013.
- Luévano, M.D. 2009. *Migración y feminización de la población rural 2000-2005. El caso de Atitanac y La Encarnación, Villanueva, Zac*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.

Continuidades y rupturas de la migración internacional

Miguel Moctezuma Longoria

Cuando se habla de migración se hace referencia a una población en movimiento, similar a una corriente de agua, razón por la cual se habla de un flujo de migrantes.

El ser humano no está sujeto al suelo como lo están las plantas, siempre migra de un lugar a otro. Cuando emigra hacia el extranjero se le conoce como migrante internacional y si emigra dentro de las fronteras de su país se le llama migrante interno. La historia ha conocido distintos tipos de migrantes internacionales. En el pasado hubo migraciones de Europa hacia América con el objeto de conquistar a las poblaciones nativas. También hubo migraciones hacia el continente americano buscando colonizar grandes territorios; a los primeros se les llama conquistadores y a los segundos colonizadores. Esta es la razón por la cual es importante caracterizar el tipo de migración internacional que se desea analizar. Actualmente, la migración internacional más importante es de tipo laboral, es decir, se trata de un flujo de población que emigra como fuerza de trabajo de un país hacia otro.

Las causas de la migración de trabajadores entre dos países están en el origen y el destino. Lo que en un país es “expulsión” y despoblamiento, en otro se manifiesta como “atracción” y formación de comunidades de inmigrantes (figura 1). Entonces, la migración puede ser “salida” o “ingreso”; a la primera se le llama emigración y a la segunda inmigración. A su vez, existen varios tipos de migrantes: los que de manera constante van y vienen se conocen como migrantes circulares; los que llegan a su destino y permanecen se les denomina migrantes establecidos, y los que regresan a

su país como adultos mayores, jubilados o incluso jóvenes, se les identifica como migrantes retornados.

La mayoría de los migrantes que se quedan en el país de destino, con el paso del tiempo se llevan a sus familias o contraen matrimonio en el destino y ahí nacen sus hijos. Para el caso de México, esto da como resultado dos tipos de poblaciones: a) los que nacieron aquí, emigraron y se establecieron en el destino y b) los que sus descendientes nacieron en el destino y, por tanto, no son migrantes. Este capítulo tiene como objetivo mostrar un panorama simplificado y breve de la migración laboral que caracterizaba a Zacatecas en el 2010, además de rescatar brevemente sus antecedentes históricos.

Las cifras de la migración internacional

Con base en Current Population Survey (USCB y BLS 2010) y la información del Consejo Nacional de Población (CONAPO 2005), se estima que en el



Figura 1. Evento de abanderamiento de clubes de migrantes en Los Angeles, California. Foto: Miguel Moctezuma.

Moctezuma Longoria, M. 2020. Continuidades y rupturas de la migración internacional. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 63-72.

2010 había aproximadamente 572 mil zacatecanos establecidos en Estados Unidos. De acuerdo con las proyecciones de población 2000-2050 de la CONAPO, entre 2000 y 2005 saldrían del país un promedio anual de 16 mil zacatecanos; y se estimaba que del 2005 al 2010 migraría un monto similar por el mismo concepto. Sin embargo, al considerar la población estimada que se encontraba viviendo en Estados Unidos en 2010 y la estimada por CONAPO en 2005, resulta que el número de zacatecanos que viven en Estados Unidos creció entre 2005-2010 en 63 mil personas. Esto quiere decir que en promedio al año se establecieron 13 mil personas en Estados Unidos procedentes de Zacatecas.

Para mostrar la importancia que el fenómeno migratorio tiene para la entidad, basta mencionar que en 2005 los migrantes zacatecanos establecidos en Estados Unidos representaban 36% de la población del estado (CONAPO 2005) y 38.4% para 2010, motivo por el cual Zacatecas era la principal entidad con población migrante. Asimismo, en 2010, 56.6% de la migración internacional se originó en poblaciones menores a 15 mil habitantes y 58% en poblaciones menores a 2 500 habitantes; por tanto, la migración internacional tiene un sello fuertemente rural.

A pesar de que en los años recientes la emigración a nivel nacional se redujo drásticamente, la información derivada del censo de población y vivienda 2010 da cuenta de que en el periodo 2005-2010 la migración a nivel nacional fue de 10 personas por cada mil habitantes, mientras que en Zacatecas fue de 21.3 por cada mil personas (INEGI 2010), es decir, dos veces más que la nacional.

Circuitos regionales de la migración internacional zacatecana

En Zacatecas se ha formulado una propuesta de regionalización de la migración basada en dos variables: el espacio geográfico y el tiempo en sentido histórico, recogiendo a partir de estas variables el sentido de simultaneidad de las relaciones sociales que experimenta el fenómeno

entre las comunidades de migrantes en México y la formación de asentamientos poblacionales de zacatecanos residiendo en Estados Unidos (Moctezuma 2004). A continuación se describen los principales destinos de los migrantes, sus características y los municipios de origen en la entidad de acuerdo con las siguientes regiones: a) región histórica (sur-occidente), b) región intermedia (norte), c) región reciente (sureste) y d) región de transición (centro).

Región histórica (sur-occidente)

Es la región con mayor tradición migratoria. Data por lo menos de 1930 y está identificada con los destinos tradicionales de California, Texas, Illinois y Oklahoma (figura 2). En este circuito predomina la migración que tiende a establecerse en el destino con todo y su familia, lo que favorece el desplazamiento de migrantes entre las comunidades que forman parte del mismo circuito en Estados Unidos. Esta característica, junto con la presencia de un fuerte liderazgo, ha sido decisiva para su organización en clubes y asociaciones en los estados antes mencionados.

Región intermedia (norte)

Se remonta a la década de los sesenta y tiene como principales destinos las entidades de Texas, California, Illinois, Wisconsin y Louisiana (figura 3); es decir, comparte destinos históricos y emergentes, lo que indica un cierto grado de concentración y al mismo tiempo de dispersión. En esta región se combina la existencia del migrante establecido y el migrante circular. Asimismo, se caracteriza por la existencia de un flujo de mujeres que van a trabajar a la industria maquiladora y al sector servicios en Coahuila y Nuevo León.

Región reciente (sureste)

Principia en 1990 y es más dispersa en sus destinos que las dos anteriores. Su flujo se dirige principalmente a Texas, California, Idaho, Carolina del Norte, Illinois y Georgia (figura 4). En este caso, aunque existen los dos tipos de migrantes

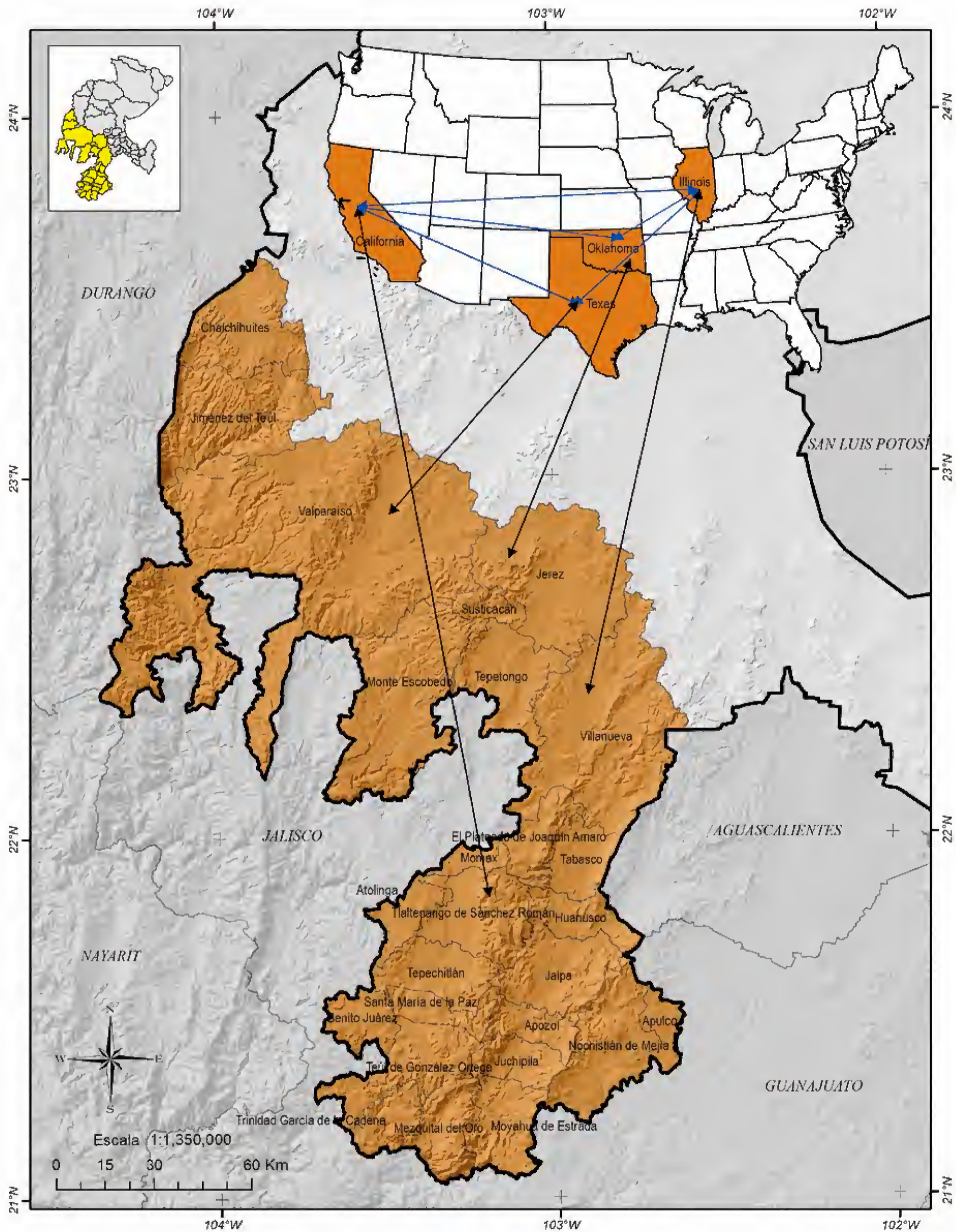


Figura 2. Circuito de la región de migración histórica hacia Estados Unidos. Fuente: elaboración con base en Moctezuma 2004.

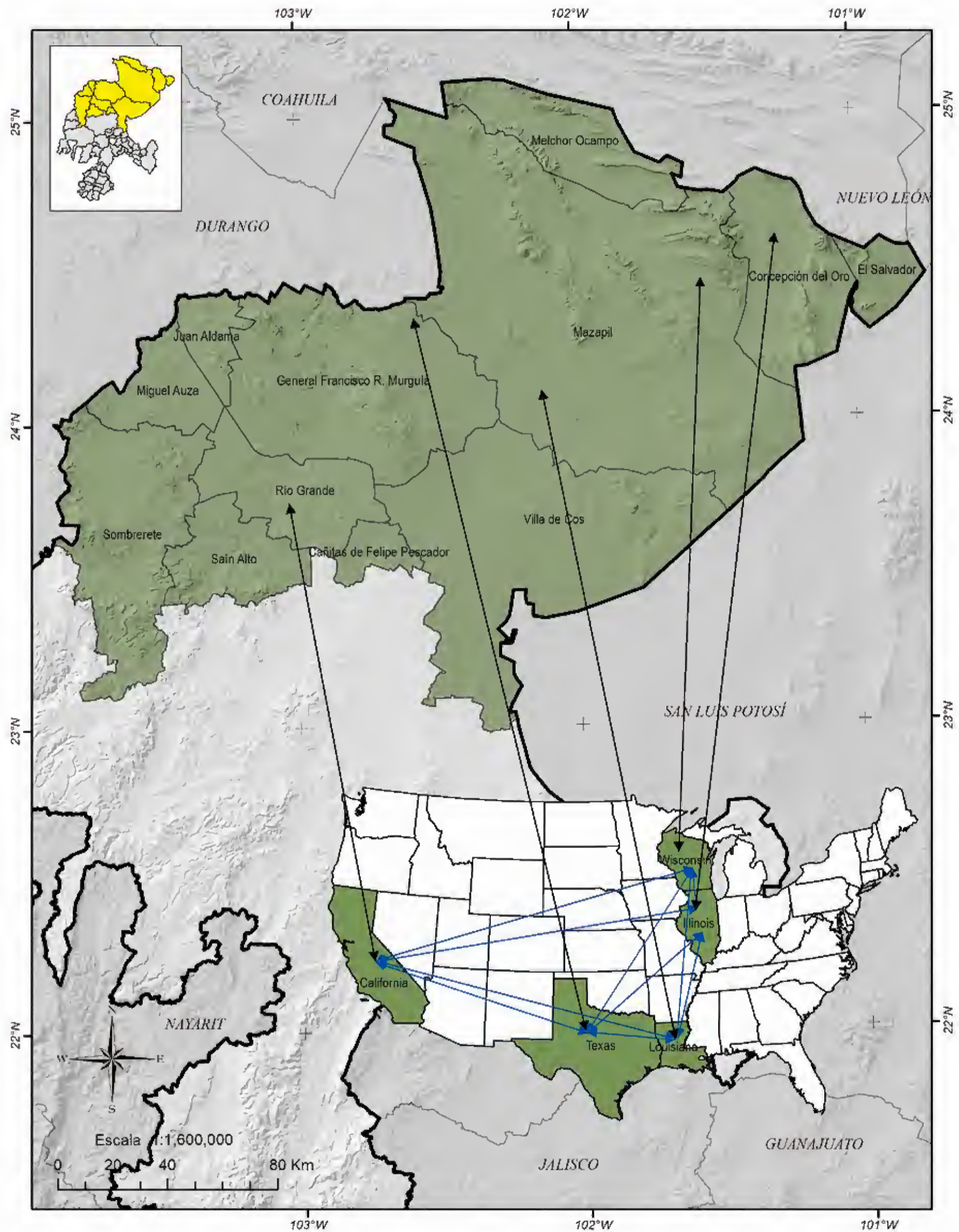


Figura 3. Circuito de la región de migración intermedia hacia Estados Unidos. Fuente: elaboración con base en Mocetzuma 2004.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

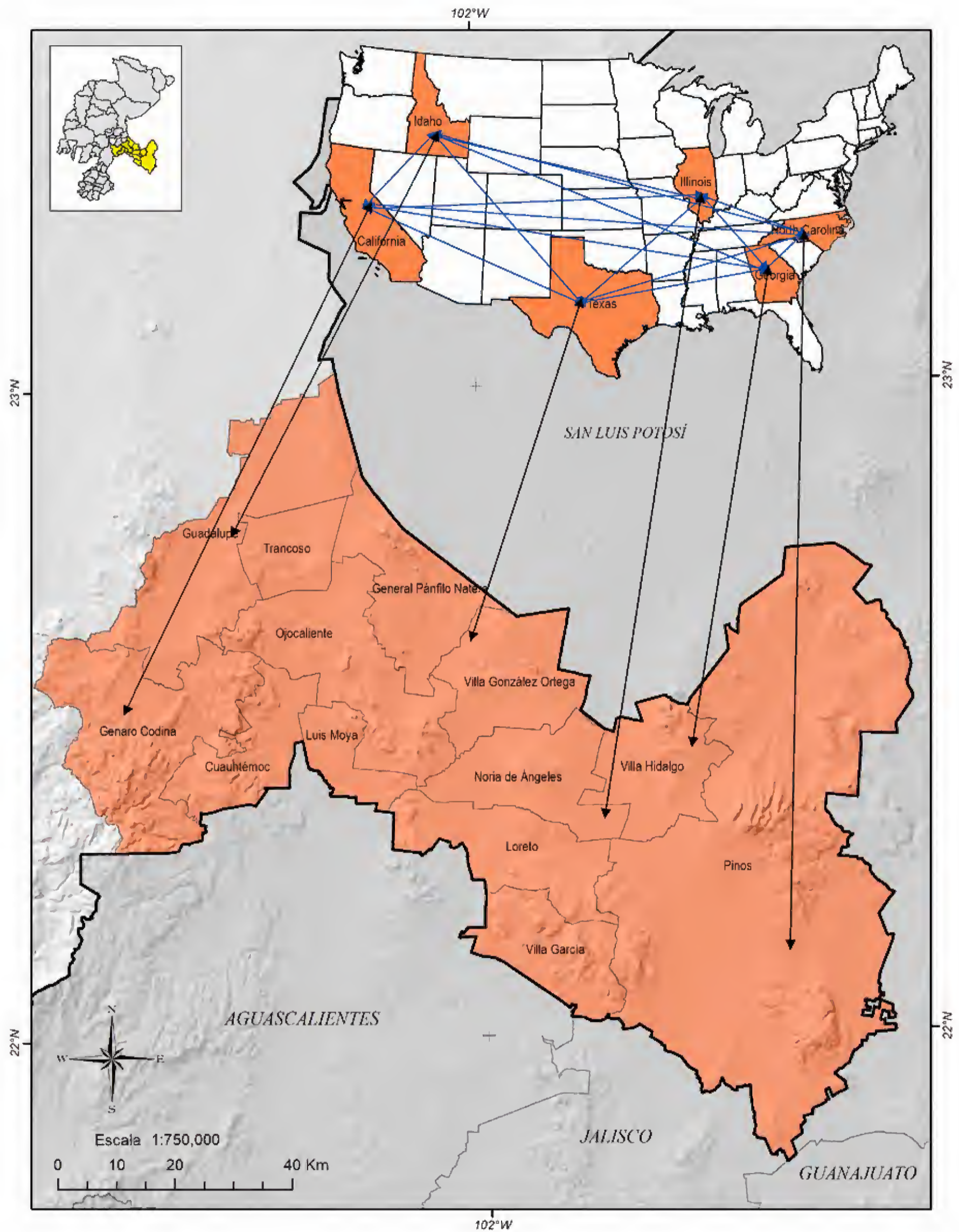


Figura 4. Circuito de la región de migración reciente (sureste) hacia Estados Unidos. Fuente: elaboración con base en Moctezuma 2004.

(establecidos y circulares), hay una tendencia fuerte de migración circular, la que con el tiempo habrá de transformarse en migración establecida, como sucedió en la región histórica.

Esta característica muestra que los flujos recientes de la migración tienden a coincidir más con los nuevos destinos, pero mantienen la circulación hacia los destinos tradicionales. Un segundo rasgo característico de esta región es que a pesar de que la emigración acumulada es relativamente reducida, también es un proceso muy intenso, de ahí que rápidamente se hayan formado comunidades filiales o hijas de migrantes. Esta es una característica que se combina con su fragilidad.

Región de transición (centro)

La región centro se configura como un espacio de transición entre la región histórica y la región intermedia, aunque tienden a predominar los rasgos de la primera. Se circunscribe a partir de 1960 y sus destinos son los tradicionales: Illinois, Texas y California (figura 5). La migración internacional se manifiesta en las poblaciones rurales, pues en las poblaciones urbanas, como Fresnillo, Zacatecas y Guadalupe, se ofrecen servicios y un dinamismo económico, que las convierten en centros de atracción de la propia población de la entidad.

Origen histórico de la migración

La migración laboral de Zacatecas inicia masivamente en 1893 (Moctezuma 1989). Ese año coincide con la llegada de grandes inversiones extranjeras a la minería nacional y local que, además de la explotación de la plata y oro, avanzaron hacia la de cobre, plomo y zinc. Se dice que a finales del siglo XIX, la minería de Zacatecas y del país transitó de la explotación de metales preciosos hacia la minería industrial (Hoffner 1988). Ese cambio condujo a la introducción de maquinaria y técnicas modernas que repercutieron en la desaparición de las compañías mineras tradicionales y en una fuerte reducción del empleo minero.

En 1895 había 16 549 trabajadores mineros (COLMEX 1961), cifra que en 2010 se había reducido a la cantidad de 9 765. De manera similar, los municipios mineros como Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Mazapil, Veta Grande, Pinos, Nieves, Ojocaliente, Chalchihuites, Mezquital del Oro, Pánuco y Noria de Ángeles sufrieron un drástico despoblamiento. Contrariamente, en el municipio de Concepción del Oro, como resultado del descubrimiento del cobre, se produjo un inesperado crecimiento de su población (Moctezuma 1989). Cabe subrayar que el descubrimiento mundial de metales industriales significó toda una revolución tecnológica a la que Zacatecas contribuyó aportando minerales en bruto, y cuya riqueza no se aprovechó para progresar hacia los procesos de industrialización local; por el contrario, en la medida en que se trata de un recurso no renovable, la entidad se encaminó hacia la ausencia de control y protección de sus recursos naturales, como todavía sucede en el presente.

Entre las empresas mineras que en aquellos años arribaron a Zacatecas destacan: The Mazapil Copper Company, The American Smelters Securities Co. (ASSCO), The Guggenheim Exploration Company (GUGGENEX) y The American Metals Company; la primera de nacionalidad inglesa y el resto de procedencia estadounidense (Pankhurst 1909, Bernstein 1952, 1964, Nava-Oteo 1974, Gómez-Serrano 1982, Marcosson 1982, Moctezuma 1994). Dichas compañías mineras eran ramificaciones de grandes empresas que extendían el control de la explotación minera hacia varios estados del país y del extranjero. Este hecho resultó decisivo para el presente, ya que desde la Colonia la minería había sido la actividad estructuradora de la economía de la entidad (Hoffner 1988) y a partir de 1893 se desarticuló “hacia adentro” y se rearticuló “hacia fuera”; es decir, el ciclo de la explotación minera empezaba en Zacatecas con la extracción y continuaba en Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Aguascalientes y San Luis Potosí, con el beneficio y la fundición, para concluir su proceso de refinación en Estados Unidos.

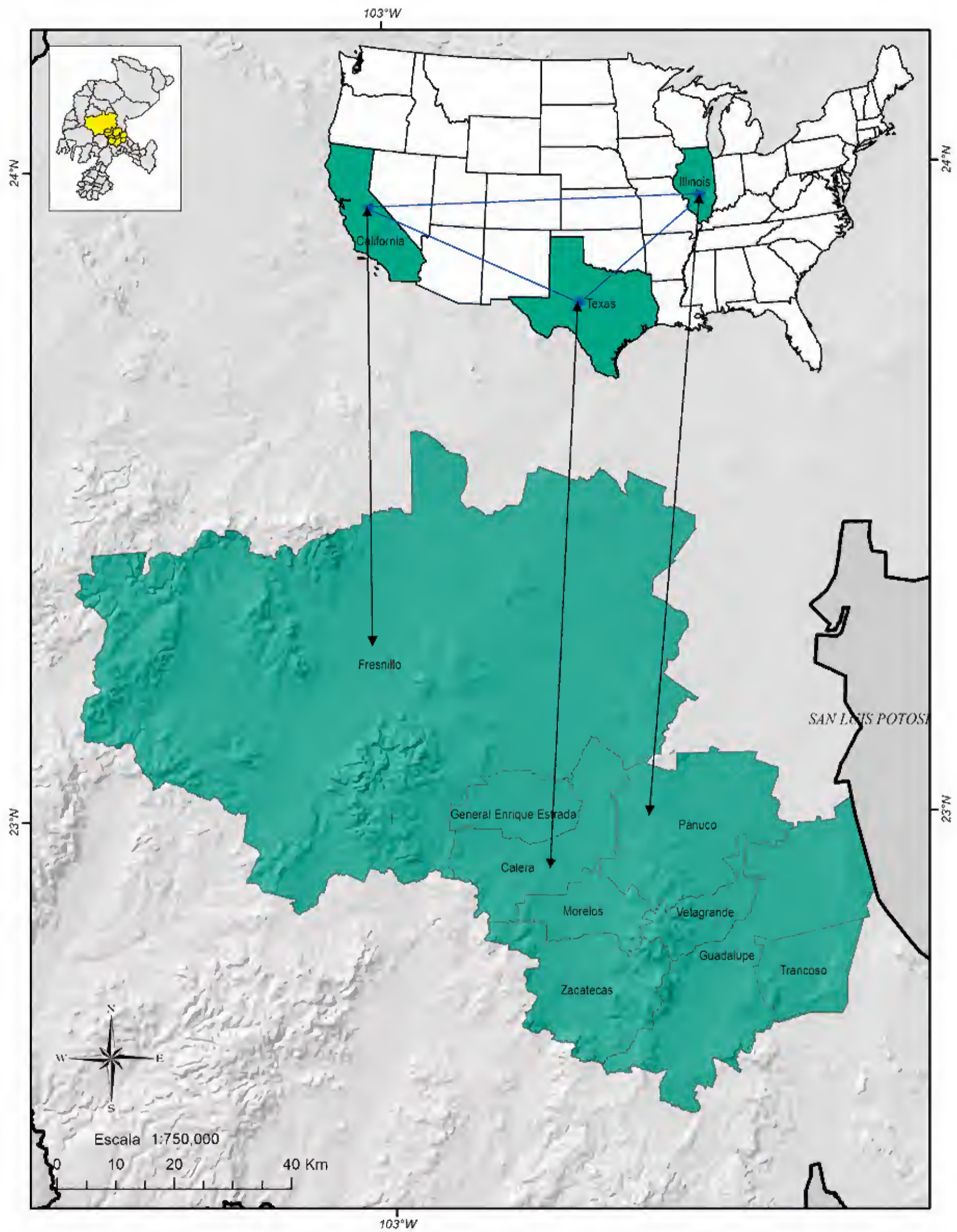


Figura 5. Circuito de la región de migración de transición hacia Estados Unidos. Fuente: elaboración con base en Moctezuma 2004.

Efectos de la migración en la población

La dinámica de la población de Zacatecas transita por dos procesos contradictorios: por un lado, entre 2005 y 2010, se produce un proceso de recuperación poblacional, expresado a simple vista como “crecimiento” de la población, similar a la tendencia nacional; y, por otro, un despoblamiento acumulado a partir de 1990, que aún persiste como consecuencia de la emigración. Resultado de lo anterior, el crecimiento promedio anual, entre 2005-2010, fue del orden de 1.7%, similar a la tendencia nacional (1.8%), lo que hizo posible que la población creciera en casi 123 mil personas; paradójicamente, cinco años antes la entidad

tuvo un crecimiento cinco veces más lento que la dinámica nacional. El crecimiento en el número de habitantes del 2010 se explica por el freno que experimenta la emigración y por el retorno de un flujo de población que años antes había emigrado a Estados Unidos y que a partir de 2008 regresa con su familia. Este es un proceso que se ha mantenido y que aparentemente se mantendrá en los siguientes años. Hasta 2010, los municipios de la entidad más impactados por el retorno de migrantes son: Guadalupe, Jerez, Fresnillo, Tlaltenango, Villa de Cos, Loreto, Mazapil, Noria de Ángeles, Pinos, Juan Aldama, Río Grande y Saín Alto.

En comparación con el 2005, el retorno de los migrantes en 2010 impactó en el aumento de tres

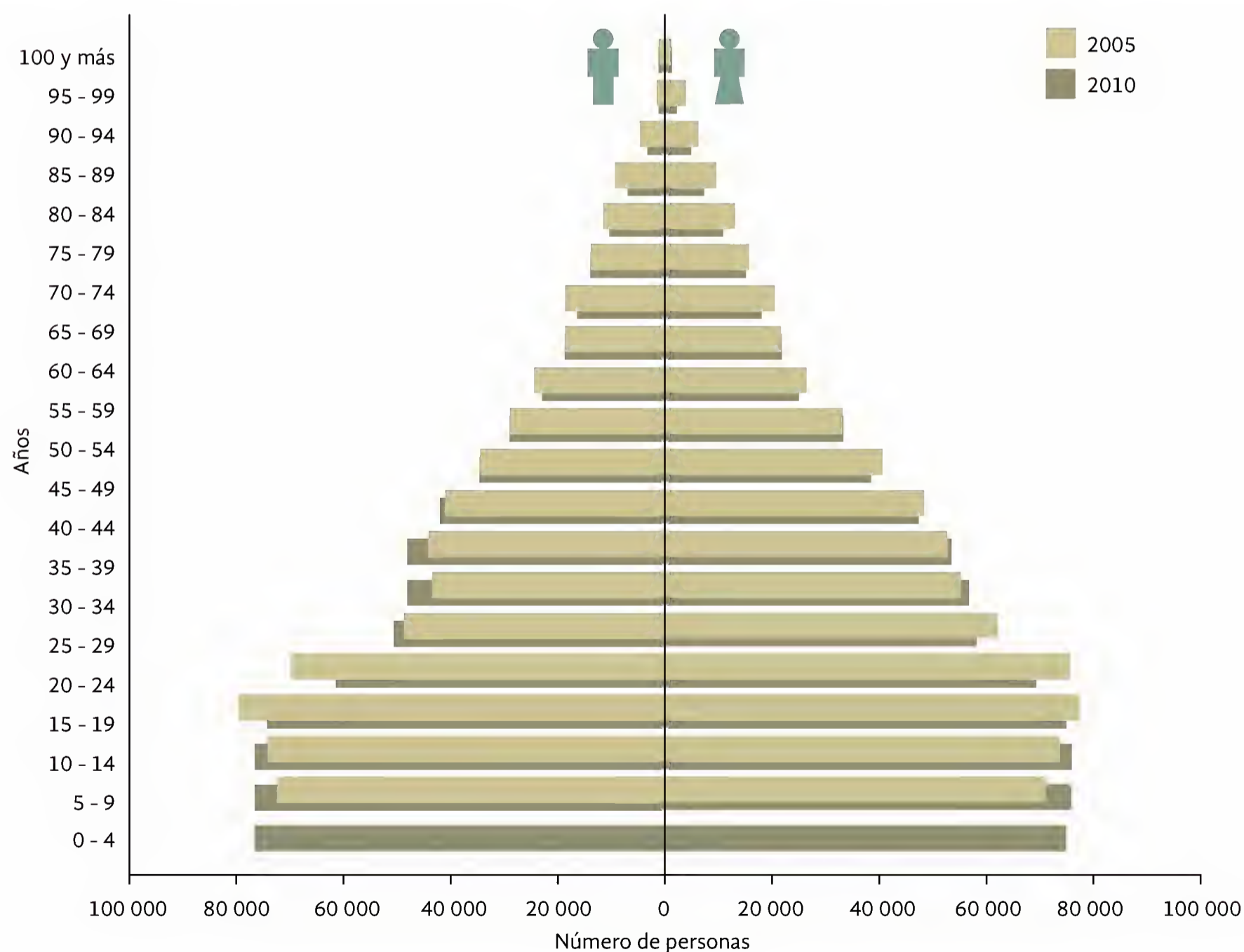


Figura 6. Superposición de pirámides de la población de Zacatecas en 2005 y 2010. Fuente: elaboración con base en INEGI 2005, 2010.

grupos de edades: 30-39, 5-14 y 0-04 años (figura 6; INEGI 2005, 2010). Los excedentes de población se refieren claramente a retornos de familias, ya que los grupos de edad corresponden a progenitores y sus descendientes.

Por el contrario, existe un déficit de población localizado entre las edades de 15 a 19 y 20 a 24 años, extendiéndose a las mujeres de hasta los 25 a 29 años; es decir, la migración es actualmente más selectiva: emigran los más jóvenes, con lo cual Estados Unidos se asegura de atraer gente en óptima edad productiva. Así, la salida de la población actúa además como pérdida de la biodiversidad humana en los sentidos demográfico y reproductivo.

El proceso de despoblamiento

En comparación con el 2005, y a diferencia del pasado reciente (1990-2005), en 2010 se registraron solamente seis municipios con despoblamiento: Atolinga, El Plateado, Jiménez del Teúl, Momax, Moyahua y El Salvador (INEGI 2005, 2010); sin embargo, es un análisis de corto tiempo que oculta el proceso que se vive desde hace dos décadas.

En 2010, de los 58 municipios, 30 (51.7%) tenían una población menor a la de hace 20 años; 28 (48.3%) menor con respecto a la de 15 años atrás, y 25 (43.9%) menor en relación con la población de hace 10 años. Por lo anterior, se puede mencionar que en 2010 se presentó en Zacatecas un efecto de despoblamiento acumulado (INEGI 1990, 1995, 2000).

Complementario a lo anterior se observa un fenómeno que afecta de manera dramática a los grupos de edades impactados por la emigración internacional, comprendidos entre los 20-24 y los 25-29 años. Por ejemplo, en 2005, en el grupo de edades de 25-29 años, por cada 100 mujeres el municipio de Apulco tenía solamente 49 varones; Susticacán, 53; Concepción del Oro, 56; y Nochistlán y Valparaíso, 59. Es decir, en estas municipalidades existía un déficit de varones que indicaba que la reproducción de la población y la posibilidad de encontrar pareja se estaba convirtiendo en un problema social. En el 2010, con todo y el retorno

de migrantes, estuvieron en una situación difícil los municipios de Apulco, Tabasco, Mezquital del Oro, Nochistlán y Valparaíso. Aunque ese escenario social mejoró un poco, sigue siendo problemático.

Conclusiones

En Zacatecas, la génesis de la migración internacional de tipo laboral se remonta a la última década del siglo XIX. La causa directa es la reducción del empleo en el sector minero por la introducción de nuevas tecnologías en la explotación de los yacimientos minerales y en la especialización en la fase extractiva de minerales. A diferencia de lo que experimentaron en aquellos años ciudades como Monterrey, San Luis Potosí y Aguascalientes, los procesos en la entidad son liderados por el gran capital extranjero, lo que frena la diversificación de actividades y el desarrollo de la industria local.

Una mirada integral sobre las rutas de migración indica que prácticamente todo el estado tiene como destinos históricos California, Illinois y Texas; y un segundo grupo lo constituyen Colorado, Georgia, Arkansas y Oregon. Existe asimismo una gran dispersión poblacional que abarca por lo menos a otras 15 entidades estadounidenses, como Oklahoma, Idaho, Wisconsin, Iowa, Kansas, Florida, Carolina del Norte, Tennessee, Nuevo Mexico, Nevada, Washington, Nebraska, Louisiana, Indiana y Alabama (Moctezuma 2004). Por alguna razón, en el periodo 2000-2010, Illinois dejó de estar en la preferencia de los migrantes zacatecanos.

Igualmente, hay que destacar que la entidad vive un intenso proceso de retorno de migrantes que incluye a la familia. En varios casos los descendientes nacen en Estados Unidos, por lo que en rigor, aunque sus padres retornan a su patria, ellos llegan por primera vez como inmigrantes a México: una especie de migración a la inversa.

Finalmente, cabe hacer mención de que hasta 2005 se experimentó un proceso de despoblamiento, que se intensificó con el tiempo y el cual impactó en los grupos de edad en mejor edad productiva y reproductiva. El despoblamiento ha

disminuido, sobre todo en el periodo comprendido entre 2000 y 2005, pero aún se observan sus efectos acumulativos. Por tanto, el crecimiento de la población de Zacatecas va a mantenerse constante

algunos años y probablemente disminuirá con la demanda de fuerza de trabajo que requerirá la economía estadounidense una vez que supere la crisis actual.

Referencias

- Bernstein, M.D. 1952. *The economic organization of the mexican coal industry*. Inter-American Economic Affairs, Washington, D.C.
- . 1964. *The mexican mining industry, 1890-1950. A study of the interaction of politics, and technology*. The Antioch Press, Nueva York.
- COLMEX. El Colegio de México. 1961. *Estadísticas económicas del Porfiriato; fuerza de trabajo y actividad económica por sectores*. COLMEX, México.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2005. *Migración México-Estados Unidos. Panorama Regional y Estatal*. CONAPO, México.
- Gómez-Serrano, J. 1982. *Aguascalientes: imperio de los Guggenheim*. SEP/FCE, México.
- Hoffner, M. 1988. *Elementos para una interpretación de la historia de Zacatecas. Siglos XVI al XIX*. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. *Censo general de población y vivienda*. INEGI, México.
- . 1995. *I Conteo de población*. INEGI, México.
- . 2000. *Censo general de población y vivienda*. INEGI, México.
- . 2005. *II Conteo de población*. INEGI, México.
- . 2010. *Censo de población y vivienda*. INEGI, México.
- Marcosson, I.F. 1982. *Metal magic : the story of the american smelting and refining company*. Farrar, Straus and Company, Nueva York.
- Moctezuma, M. 1989. *Estructura económica de Zacatecas. De la expulsión a la producción de fuerza de trabajo (1893-1950)*, Tesis de maestría en ciencia política. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- . 1994. *Reestructuración productiva y expulsión de fuerza de trabajo: 1893-1910*. Zacatecas (inédito).
- . 2004. *Etnoencuesta, estado de Zacatecas. Informe final del proyecto "Comunidades Transnacionales México-Estados Unidos"*. Fundación Rockefeller, Nueva York.
- Nava-Oteo, G. 1974. El Porfiriato. La vida económica. En: *Historia moderna de México*. D. Cosío Villegas (coord.). Hermes, México.
- Pankhurst, E.G. 1909. *Memoria administrativa del estado libre y soberano de Zacatecas, 1904-1908*. Tipografía del Hospicio de Niños en Guadalupe, Zacatecas.
- USCB y BLS. U.S. Census Bureau y Bureau of Labor Statistics. 2010. *Current population survey. March supplement*. USCB/BLS, EUA.

Salud

Óscar Pérez Veyna

En el presente capítulo se hace una revisión sobre el comportamiento de los indicadores básicos de salud en Zacatecas. El sistema salud, por su complejidad, puede ser visto desde múltiples indicadores, pero aquí se hace énfasis en aquellos de interés general, como la esperanza de vida al nacimiento, la mortalidad y la morbilidad.

Esperanza de vida

Zacatecas, como el resto del país, ha experimentado grandes avances en materia de salud pública en el transcurso del siglo xx. Esto se refleja en particular en la esperanza de vida al nacer, es decir, en el número de años que en promedio se espera que viva una persona (INEGI 2011a).

Es importante resaltar que en el estado, para el año 2008, este indicador se ubicaba en 73.4 para los hombres y 77.9 para las mujeres; para 2010, la esperanza de vida promedio de la población fue de 76 años (73.7 hombres y 78.2 mujeres; INEGI 2011b), mientras que para 2013 fue de 74.8 años (72.1 en hombres y 77.7 en mujeres; INEGI 2013; figura 1). Cabe mencionar que en 2013, la esperanza de vida de las mujeres estaba cerca del valor promedio observado en países desarrollados (79 o más años; CONAPO 2012a).

Este panorama demográfico impactará en la necesidad de servicios de salud de la población adulta, tanto en cantidad como en calidad. En la medida en que la población envejezca será necesario estudiar y analizar los comportamientos asociados con personas de mayor edad. El deterioro progresivo de la proporción de trabajadores activos por jubilados (consumidores) alterará el ahorro, la inversión y el consumo agregados (Pujolar y Raymond 2005).

El incremento en la esperanza de vida observado en los últimos años en el país y la entidad,

refleja los avances en materia de salud, como la mejora en la infraestructura para la prestación de los servicios médicos y el incremento del personal; el descenso de la tasa de mortalidad, particularmente en el sector materno infantil; el acceso masivo al sistema de salud y, sin duda, los avances en investigación en medicina (vacunas y nuevos fármacos). En el futuro se estima que la esperanza de vida al nacimiento siga incrementándose, aunque cada vez el avance será menos significativo (CIDE 2013).

Mortalidad

Señala el número de muertes por lugar, tiempo y causas. En el año 2005, la tasa bruta de mortalidad a nivel nacional fue de 4.8 por cada mil habitantes, mientras que para 2013 subió a 5.1 por cada mil habitantes (figura 2). En el estado ha pasado de 6.74 (CONAPO 2012b) en 1990 a 5.68 en 2013; esto quiere decir que en 23 años disminuyó 16%.

Un indicador complementario es la tasa de mortalidad infantil, la cual se define como el número de defunciones de menores de un año de edad por cada mil nacimientos ocurridos en un año determinado (CONAPO 2013). Para 2001, la tasa en México fue de 18.3 defunciones de menores de un año por cada mil nacimientos; en 2005 fue de 16.8; en 2010 de 14.2 y en 2013 se ubicó en 12.8. De manera análoga en Zacatecas, para esos años, la tasa fue de 20.94, 19.10, 15.78 y 14.25, respectivamente (CONAPO 2010).

Cabe destacar que derivado del descenso de la mortalidad en las primeras etapas de la vida, ahora se tiene una transición de la mortalidad en la etapa adulta. Esto se debe a que de manera progresiva han disminuido las afecciones infecciosas y parasitarias, en tanto que han aumentado las enfermedades crónicas y degenerativas. A este fenómeno

Pérez-Veyna, Ó. 2020. Salud. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 73-75.

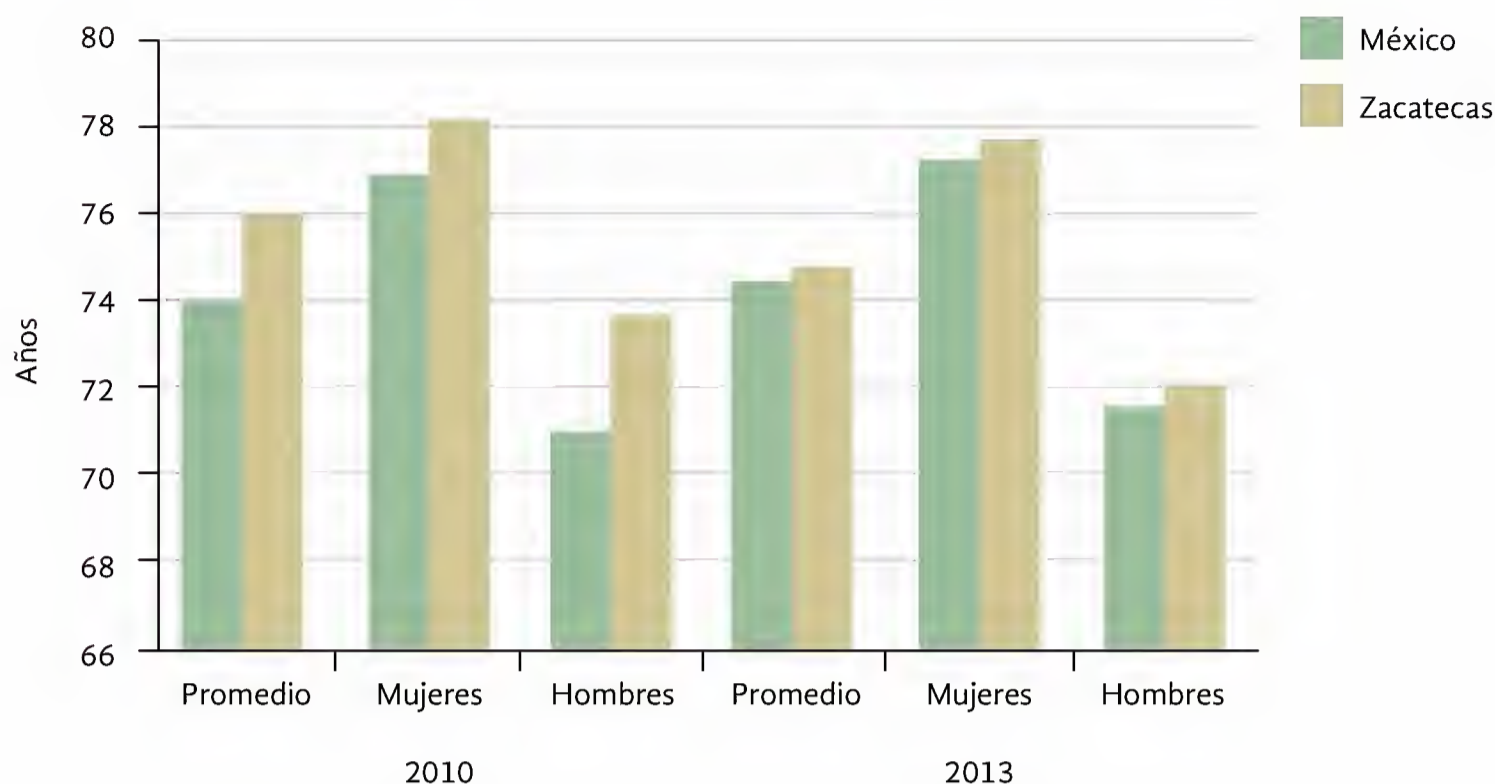


Figura 1. Esperanza de vida en México y en Zacatecas en 2010 y 2013. Fuente: elaboración con base en INEGI 2010, 2011b, 2013, CONAPO 2012b.

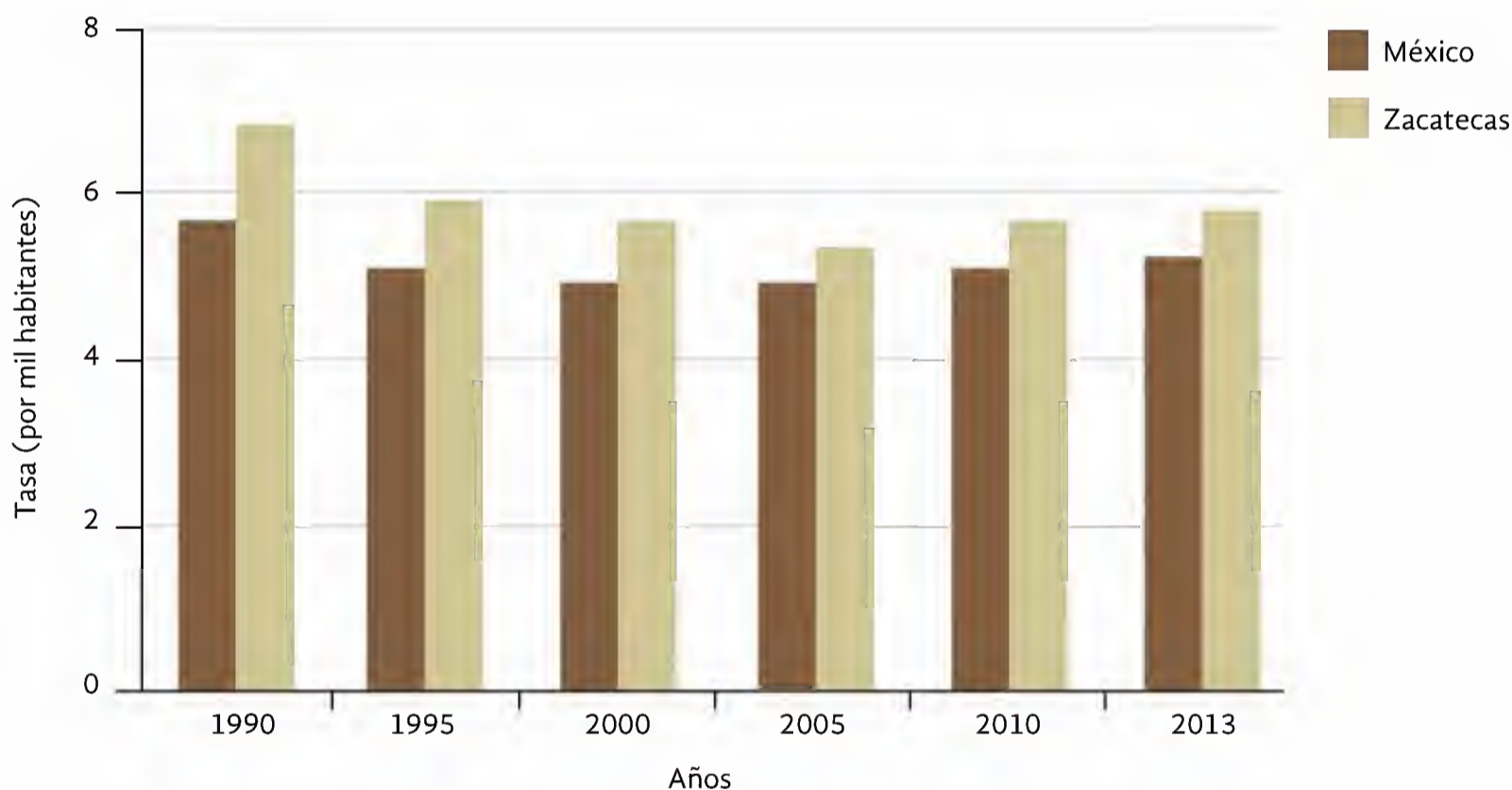


Figura 2. Tasa bruta de mortalidad en el periodo 1990-2013. Fuente: elaboración con base en CONAPO 2012b.

se le ha denominado *transición epidemiológica* (Barquera y Tolentino 2005). No obstante, en la mortandad de la población joven destacan los accidentes (CONAPO 2010).

Morbilidad

La morbilidad (del latín *morbus*, enfermedad) es un término de uso médico y científico que sirve para señalar la cantidad de personas o individuos

considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinados. Para 2012 en Zacatecas, las cinco principales causas de morbilidad en la población general por el número de casos fueron: parto único espontáneo (28.6%); causas obstétricas directas, excepto aborto, y parto único espontáneo (19.2%); traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causas externas (7.8%); aborto

(solo morbilidad, 5.5%); coleditiasis (cálculos biliares) y colecistitis (inflamación de la vesícula biliar, 2.4%; ssz 2012).

Conclusiones

A partir de los indicadores propuestos se observa que el sistema estatal de salud en Zacatecas ha logrado avances significativos, sobre todo si se considera que la entidad acusa una dispersión permanente de pequeñas comunidades, a las cuales es necesario llevar los servicios de salud, lo que conlleva un gran esfuerzo en recursos materiales y humanos. Cabe mencionar que, a pesar de dichos

avances, los accidentes son una de las causas más importantes de muertes, sobre todo en jóvenes.

La vulnerabilidad del sistema de salud en las zonas marginadas de Zacatecas, determinada entre otros factores por la alta dispersión y el tamaño de las comunidades, como en el semidesierto y el sureste, causa que los indicadores de este sector permanezcan en niveles bajos y se opaquen los avances en la materia. De esta manera, las posibilidades de una gestión más efectiva de recursos para el sector parece estar condicionada al arraigo que los habitantes de esas regiones tienen por su tierra, no obstante las dificultades para la vida.

Referencias

- Barquera, S. y L. Tolentino. 2005. Geografía de las enfermedades asociadas con la nutrición en México: una perspectiva de transición epidemiológica. *Papeles de población* 11(43):133-148.
- CIDE. Centro de Investigación y Docencia Económica. 2013. *Avances y temas pendientes de la política de salud en México. Una revisión de los principales indicadores*. En: <http://medicinaweb.cloudapp.net/observatorio/docs/ss/lg/SS2013_Lg_CIDE.pdf>, última consulta: 5 de agosto de 2013.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2010. *Principales causas de mortalidad en México 1980-2007*. En: <<http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Mortalidad>>, última consulta: 5 de agosto de 2013.
- . 2012a. *Zacatecas indicadores demográficos, 2005-2030*. En: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos>, última consulta: 20 de agosto de 2012.
- . 2012b. *Indicadores demográficos básicos 1990-2030*. En: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos>, última consulta: 13 de agosto de 2012.
- . 2013. *Glosario*. En: <http://www.portal.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=342>, última consulta: 8 de agosto de 2013.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Agenda estadística de los Estados Unidos Mexicanos 2010*, Vol. 1. INEGI, Aguascalientes.
- . 2011a. *Principales resultados del censo de población y vivienda 2010. Zacatecas*. INEGI, Aguascalientes.
- . 2011b. *Anuario estadístico de Zacatecas 2010*. INEGI/Gobierno del Estado, México.
- . 2013. *Indicadores de demografía y población*. En: <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>>, última consulta: 5 de agosto de 2013.
- Pujolar, D. y J. Raymond. 2005. Estructura del gasto y perfiles de edad en la economía española. *Papeles de Economía Española* 104:270-284.
- ssz. Secretaría de Salud de Zacatecas. 2012. *Diagnóstico estatal sectorial de salud. Principales causas de morbilidad hospitalaria 2012*. Gobierno del Estado, Zacatecas.

Educación

Luz Evelia Padilla Bernal

La educación es un factor fundamental para el desarrollo económico, político y social de la población. En este capítulo se presentan tres indicadores básicos de la situación educativa de la población en Zacatecas: nivel de escolaridad, analfabetismo y asistencia escolar.

Nivel de escolaridad

Se refiere al número promedio de años de instrucción escolar aprobados por las personas de 15 años de edad en adelante. Este muestra la potencialidad de la población de avanzar hacia mejores niveles de escolaridad. De acuerdo con el Censo de población y vivienda 2010, la escolaridad promedio en el estado es de 7.9 años, lo que equivale al segundo de secundaria (7.76 años para los hombres y 8.03 para las mujeres), un valor menor que el promedio nacional (8.6 años; INEGI 2011a).

La escolaridad de las personas con 15 años de edad o más se distribuye de la siguiente manera: 5.9% no tiene ningún grado de escolaridad, 66.8% tiene la educación básica terminada, 0.5% cuenta con una carrera técnica o comercial con primaria terminada, 14.1% finalizó la educación media superior y 12.3% concluyó la educación superior (INEGI 2011a). De igual forma, con base en información del INEGI (2011a) se determinó que a nivel municipal, el índice de escolaridad mayor lo tiene Zacatecas (10.5 años), mientras que el menor se registra en El Plateado de Joaquín Amaro (5.23 años).

Cabe notar que la brecha entre estos dos valores equivale a casi toda la primaria. Considerando que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la que México es miembro, recomienda una escolaridad promedio de 12 años, equivalente a la preparatoria terminada (Sahlberg 2007), y que la Ley General de Educación (Congreso de la Unión 2012), a partir de

2004, marca como obligatorio para los menores de edad cursar la educación preescolar, la primaria y la secundaria (12 años de escolaridad), se observa que la brecha educativa en Zacatecas aún es muy amplia, situación que muestra el gran rezago educativo de la entidad.

Analfabetismo

Este indicador se refiere a la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir, y se relaciona con el nivel de bienestar de la población. Acorde con el Censo de población y vivienda 2010, la tasa de analfabetismo para el estado fue de 5.5%, 1.4% menor a la tasa nacional (6.9%; INEGI 2011b). Esta tasa fue superior en las mujeres que en los hombres (5.8% y 5.3%, respectivamente). Por grupos de edad, la tasa de analfabetismo aumentó en relación directa con la edad de las personas. Esto muestra la diferencia en las oportunidades educativas y los avances entre las generaciones (figura 1). Para el grupo de 15 a 19 años se registró una tasa de 0.8%, mientras que en el grupo de adultos mayores de 85 años, la tasa fue de 37.2%.

Hay que recalcar que conforme aumentó la edad, la tasa de analfabetismo tuvo un componente mayor de mujeres. La diferencia entre sexos en el grupo de 80 años y más es cercana a nueve puntos porcentuales. A nivel municipal esta tasa presentó una amplia variabilidad, desde 2.1% en el municipio de Zacatecas a 18.4% en el de El Salvador. Tomando como referencia la tasa de analfabetismo registrada en el estado a principios de la década de los setenta, este último municipio presenta un atraso de 35 años.

Asistencia escolar

De acuerdo con la Secretaría de Educación y Cultura (SEDUZAC 2012), en el ciclo escolar 2010-2011

Padilla-Bernal, L.E. 2020. Educación. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 76-77.

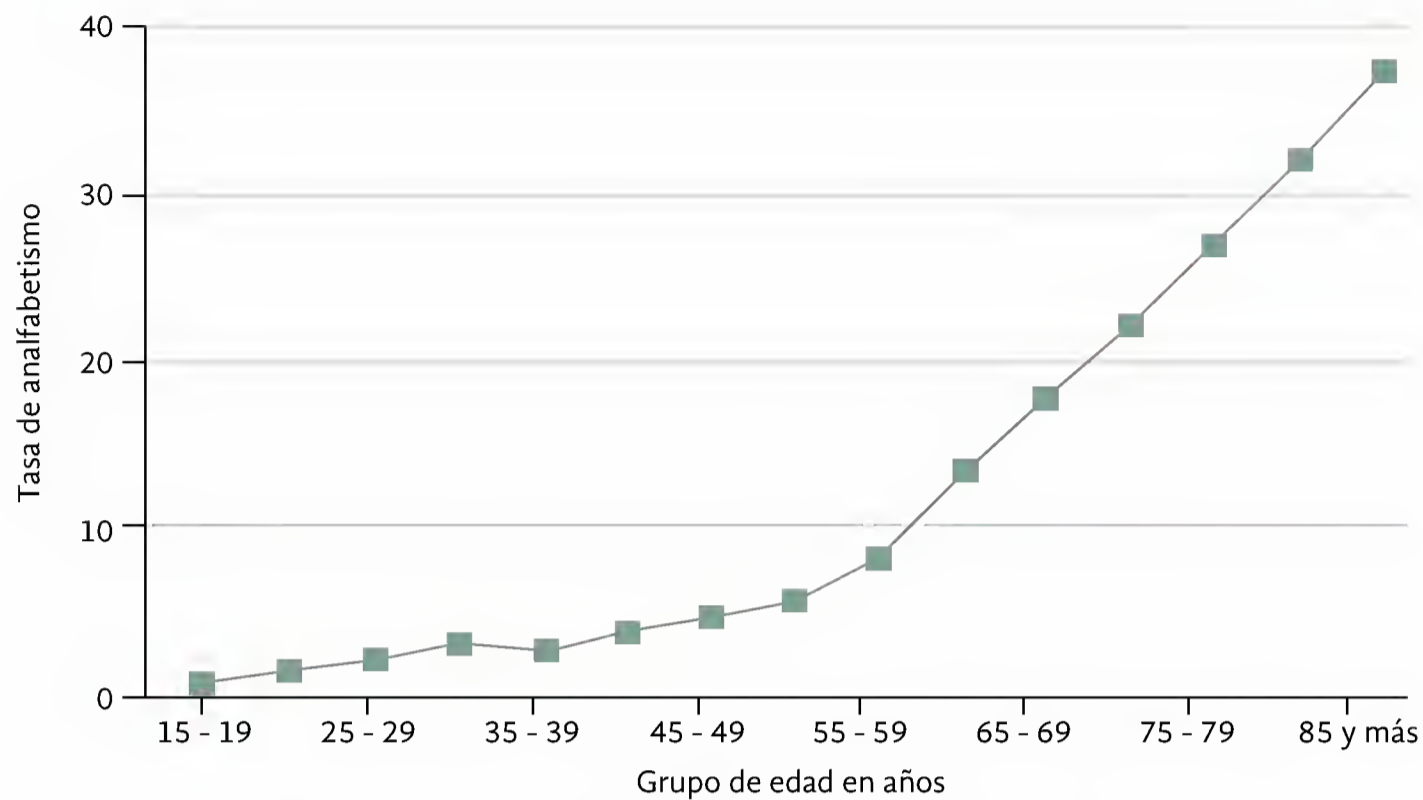


Figura 1. Tasa de analfabetismo por grupos de edad (2010). Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

había más de 460 mil alumnos inscritos desde el nivel preescolar hasta el de posgrado. El INEGI (2011a) reportó en los resultados del Censo de población y vivienda 2010 que entre los menores de 6 a 11 años la cobertura de asistencia escolar fue prácticamente completa (97.7%). Sin embargo, al considerar el total de los menores en edad de cursar la educación primaria y secundaria, esto es, de seis hasta 14 años, 5% no asiste a la escuela, es decir, uno de cada veinte en el rango de edad indicado está fuera de las aulas. La inasistencia escolar es más marcada en los adolescentes de 14 años, de los cuales 13.8% no recibe instrucción. Al aumentar el nivel de escolaridad la tasa de abandono se incrementó considerablemente, alcanzando tasas

de 50.6% en el grupo de edad de 15 a 19 años y de 81.29% entre los jóvenes de 20 a 24 años (INEGI 2011a).

Conclusión

El estado presenta serios rezagos en materia de educación. Elevar el nivel de escolaridad requiere incrementar la asistencia escolar de los adolescentes y jóvenes, así como abatir los índices de deserción en los niveles medio y medio superior. Además, es preciso reducir la brecha educativa que existe entre la capital del estado y algunos de sus municipios. La situación de la educación media y superior deja ver la necesidad de esfuerzos para reposicionar al estado en materia educativa.

Referencias

Congreso de la Unión. 2012. *Ley General de Educación*. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 9 de abril de 2012.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011a. *Censo de población y vivienda 2010: tabulados del cuestionario básico*. En: <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302&s=est>>, última consulta: 2 de diciembre de 2011.

—. 2011b. *Censo de población y vivienda 2010: Cuéntame, información por entidad*. En: <<http://cuentame.inegi.org.mx>>

<<http://www3.inegi.org.mx/monografias/informacion/zac/poblacion/educacion.aspx?tema=me&e=32>>, última consulta: 18 de agosto de 2011.

Sahlberg, P. 2007. *Secondary education in OECD countries. Common challenges, differing solutions*. European Training Foundation, Brasil.

SEDUZAC. Secretaría de Educación y Cultura, Zacatecas. 2012. *Departamento de estadística. Estadística final*. En: <<http://www.seduzac.gob.mx/estadistica/#>>, última consulta: 28 de agosto de 2012.

Economía y empleo

Luz Evelia Padilla Bernal

En este capítulo se describe brevemente el desempeño de la actividad económica y de la situación del empleo.

La actividad económica

En 1970, la economía de Zacatecas representaba 1.02% del producto interno bruto (PIB) del país y ocupaba el vigésimo cuarto lugar en el contexto nacional (INEGI 1986). En el año 2010, esta participación fue de 0.83% y se colocó en el vigésimo séptimo lugar (INEGI 2011a). No obstante la caída en la aportación del PIB a nivel nacional, el PIB per cápita ha presentado una tendencia creciente en los últimos años (figura 1). Durante el periodo de 2003 a 2010 pasó del vigésimo noveno lugar al vigésimo séptimo en el plano nacional, aunque se ubica debajo de la media nacional.

En el año 2010, las actividades terciarias representaron 57.9% del PIB estatal; las mayores aportaciones provienen del comercio (14.3%), y los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (14.2%). Las actividades del sector secundario, que se refieren a la minería, electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, construcción e industrias manufactureras, representaron 30.9%; la minería fue la actividad que más aportó al PIB estatal (8.1%; figura 2).

La participación de la minería al PIB es baja considerando que el estado es el primer productor nacional de plata, zinc y plomo, el segundo en cobre y el tercero en oro (INEGI 2012). Esto se atribuye a que en Zacatecas solo se realizan la extracción y el beneficio de los minerales, que añaden poco

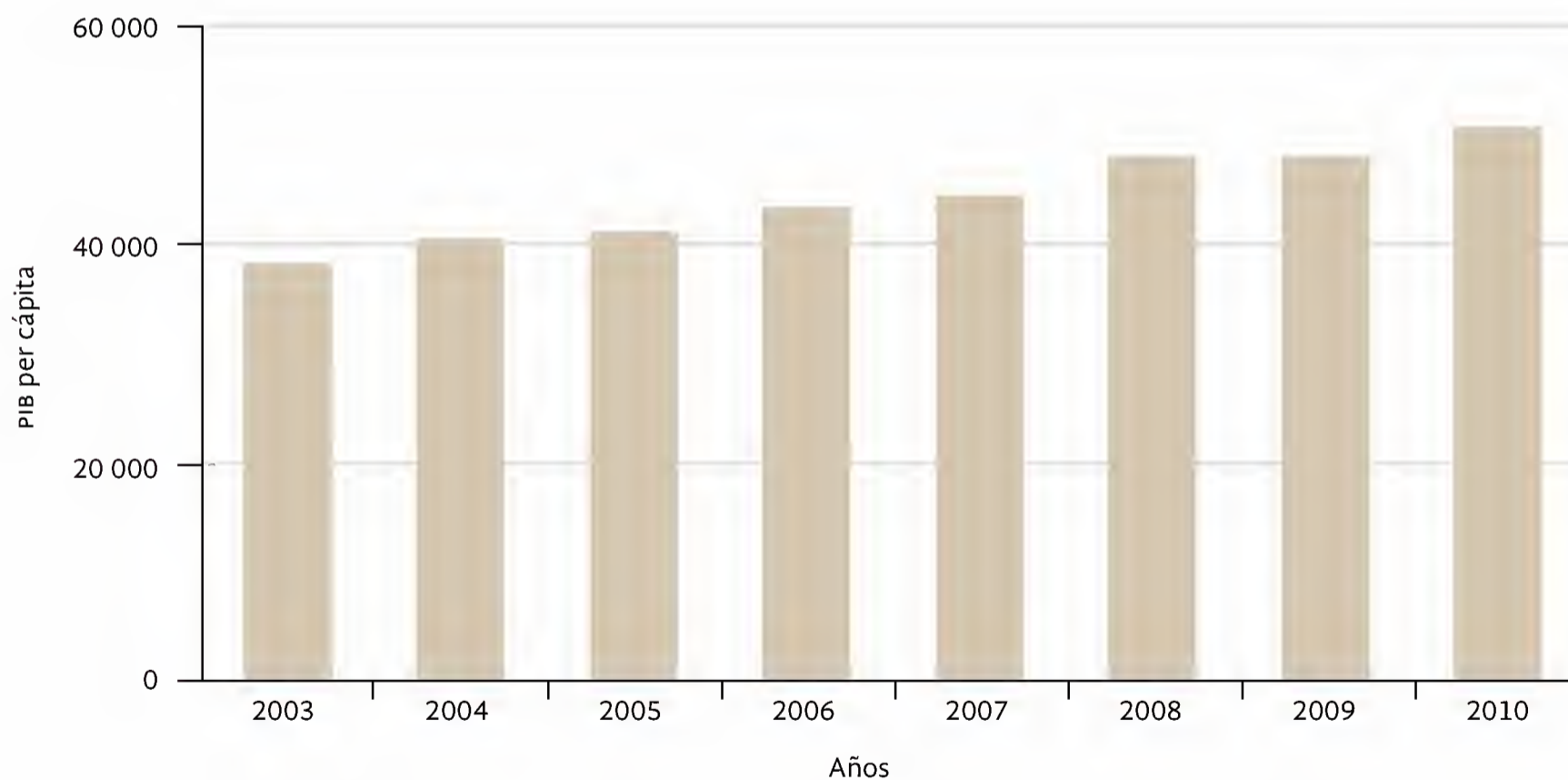


Figura 1. Producto interno bruto (PIB) per cápita durante el periodo 2003-2010 (a precios de 2003); la estimación per cápita se calculó con datos de población a mitad de año. Fuente: elaboración con base en INEGI 2010, 2011a, CONAPO 2012a.

Padilla-Bernal, L.E. 2020. Economía y empleo. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 78-82.

valor a la producción. Aunado a esto, en las regiones donde se explotan las minas, históricamente se han generado impactos sociales y ambientales negativos con pérdidas importantes del capital natural de la entidad (Manzanares-Acuña *et al.* 2005, Burnes-Ortíz 2010; véase “Minería” en esta misma obra).

Por su parte, el sector agropecuario contribuyó 11.1% al PIB estatal (INEGI 2011a). No obstante que las actividades agrícolas y ganaderas se han caracterizado por su alta participación en la economía estatal, están limitadas por los factores agroecológicos que prevalecen en la entidad, tales como la baja precipitación pluvial y las heladas. Cabe resaltar que, al igual que la minería, el sector agropecuario genera impactos ambientales negativos que lo hacen poco sustentable. Por ejemplo, la agricultura consume 77% del agua subterránea disponible (CONAGUA 2008; véase “La situación de los recursos hídricos” en esta misma obra) para la irrigación de más de 150 mil hectáreas (INEGI 2011c); el consumo es elevado por la sobreirrigación y el uso de sistemas de riego obsoletos (CONAGUA 2007, OCDE 2008).

Los cultivos que generan más valor en el estado son el frijol, el maíz, la avena forrajera y el chile seco. También es un productor importante de tuna, durazno, guayaba, cebolla, ajo y jitomate (INEGI 2011c). En los últimos años la agricultura protegida, es decir, la que controla varios factores del medio, y la acuacultura, han crecido considerablemente. La tasa de crecimiento promedio de la superficie con agricultura protegida en 2010 fue de 277 ha, lo que representa 25% (Padilla-Bernal *et al.* 2012). En lo que se refiere a la acuacultura, en el 2010 se cultivaron 2 106 t de diversas especies, esto posiciona a Zacatecas en el 23º lugar nacional de captura pesquera (INEGI 2012). El principal producto que se cultiva bajo agricultura protegida es el tomate y en acuacultura es la mojarra. En la última década el estado captó 0.9% de la inversión extranjera directa (IED) que llegó al país, lo que lo ubica en el 13º lugar en este concepto (INEGI 2012).

Empleo

De acuerdo con la encuesta nacional de empleo 2010 del INEGI (2011b), la tasa de participación

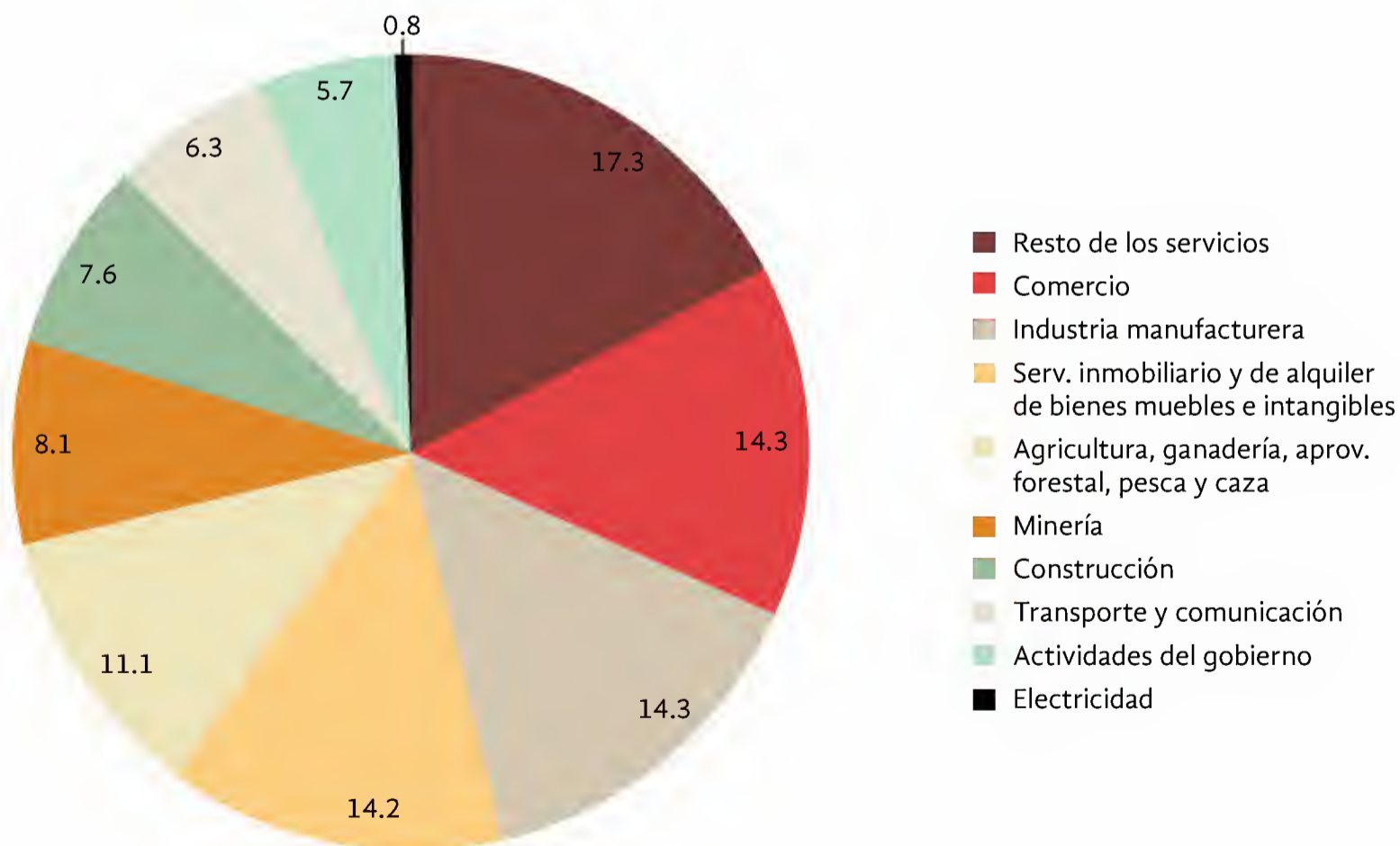


Figura 2. Estructura (en porcentaje) del producto interno bruto (PIB) por actividad económica (2010). Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

económica, definida como la proporción de la población de 14 o más años de edad disponible para la actividad económica, fue de 57.6%. Este indicador fue ligeramente inferior a la tasa nacional de 57.8%. En lo que se refiere a la tasa de ocupación (proporción de la población ocupada en relación con la población económicamente activa, PEA) fue de 94.7% para Zacatecas, mientras que a nivel nacional fue de 94.6% (INEGI 2012). Cabe destacar que en la entidad la tasa de ocupación ha presentado una tendencia decreciente en los años recientes, ya que a inicio de 2005 era de 96.9% (INEGI 2011b).

De la población ocupada, 29.8% se encuentra laborando en actividades del sector agropecuario (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza), 18.3% en las industriales (minería, electricidad, construcción y manufactureras) y 51.8% en las comerciales y de servicios (comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros e inmobiliarios, educativos, actividades del gobierno y otros servicios; figura 3).

Esta estructura de la ocupación se presenta de manera inversa al comportamiento mostrado en la generación del PIB en los sectores primario y secundario. Por ejemplo, el sector agropecuario presenta una considerable participación en el empleo con 29.8%, mientras que genera apenas 11.1% del PIB estatal. Por su parte, las actividades del sector terciario (comercio, transportes y comunicaciones, actividades del gobierno y otros servicios) generan 51.8% de los empleos y participan con 57.9% del PIB estatal. Este comportamiento se presenta a pesar del cambio registrado en la estructura de ocupación de la década de los veinte, cuando la participación del sector agropecuario era de 34% (INEGI 2011a).

Algunas de las características de la población ocupada y desocupada en el estado de acuerdo con el INEGI (2011b, 2012) son las siguientes:

- La mayor parte de la población ocupada labora en actividades comerciales y de servicios, de las cuales el comercio (18%) es la que genera más empleos.

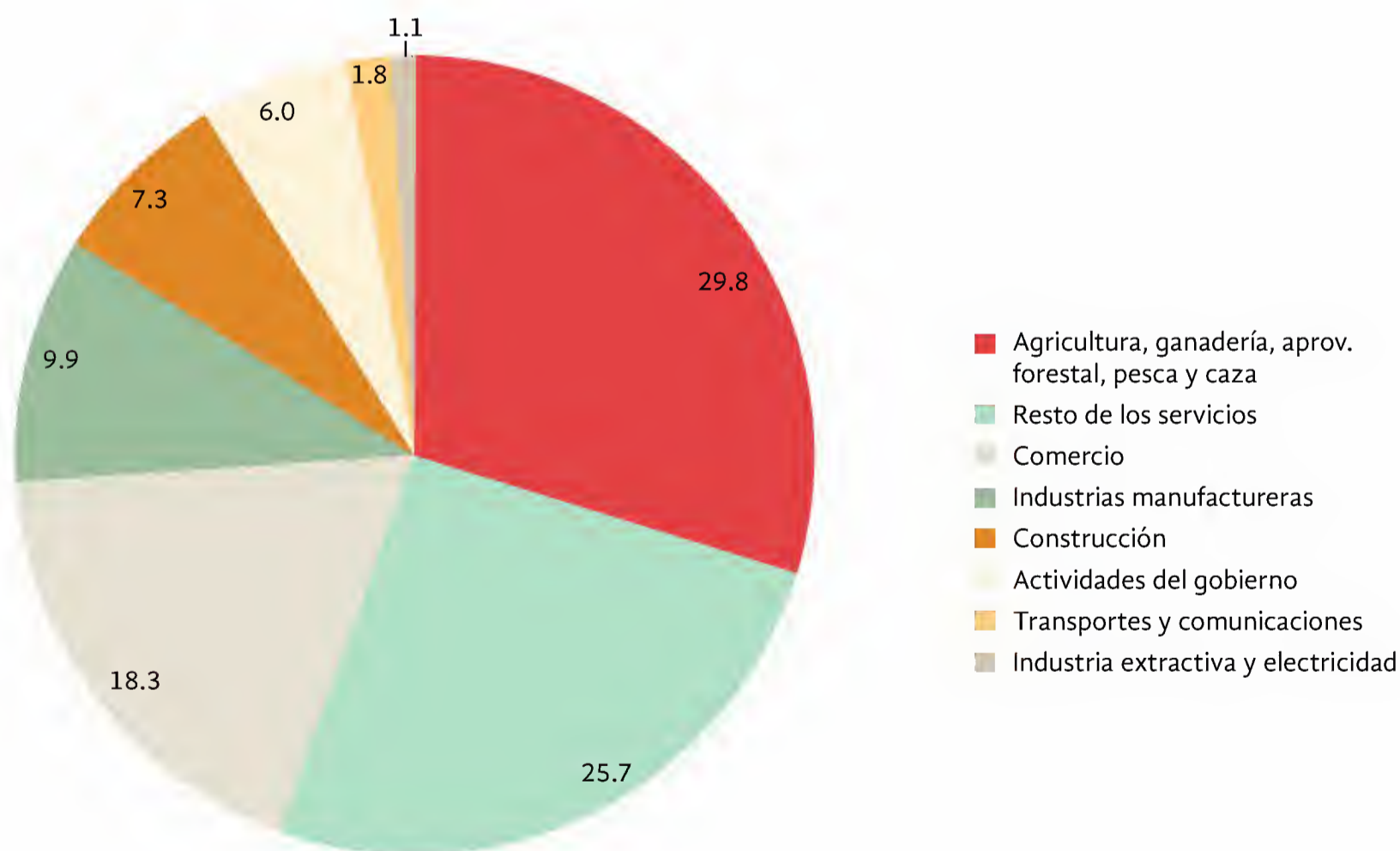


Figura 3. Estructura (en porcentaje) de la población ocupada por sector económico (2010). Fuente: elaboración con base en INEGI 2011b.

- De la población ocupada, 60% son trabajadores subordinados y remunerados, 22% son por cuenta propia, 4% son empleadores y 14% se desempeña en negocios o parcelas familiares, contribuyendo de manera directa a los procesos productivos, pero sin un acuerdo de pago monetario.

- De la población ocupada, 37% recibe un máximo de dos salarios mínimos, 27% de dos a cinco, 7% más de cinco y el restante 29% no percibe ingresos o no está especificado.

- La población ocupada trabaja en promedio 40.75 h a la semana con un ingreso promedio de 27.3 pesos por hora.

- La escolaridad promedio de la PEA en grados aprobados es de 8.8 años y la edad es de 37.1 años.

- 36% de la población ocupada tiene de 14 a 29 años de edad, 43% se encuentra dentro del rango de 30 a 49 años y 21% cuenta con 50 años o más.

- De los trabajadores remunerados, 40% no tiene acceso a las prestaciones laborales, tales como prima vacacional, horas extras, prima dominical, entre otras.

- La tasa de desocupación promedio en el año 2010 fue de 5.3%, tasa inferior a la registrada como media nacional (5.4%).

- 34% de la población desocupada cuenta con instrucción primaria, 34% con secundaria, 10% y 18% con educación media superior y superior, respectivamente, y el restante 4% no tiene instrucción.

Zacatecas es el estado que envía el mayor porcentaje de personas en busca de trabajo (4.8%) a los Estados Unidos de América (CONAPO 2012b). Las remesas que recibe el estado son menores a

10% del PIB. Aunque estas no se contabilizan como generación de riqueza, pueden ser un estímulo del efecto multiplicador de la economía.

Conclusión

La mayor parte de la generación del PIB estatal se encuentra en las actividades del sector servicios, con una alta participación de la actividad comercial y de las industrias manufactureras. No obstante la caída de la aportación estatal al PIB nacional, el PIB per cápita ha presentado una tendencia creciente en los últimos años. Sin embargo, el ingreso es precario en cerca de 37% de la población ocupada.

El sector agropecuario, caracterizado por su alta generación de empleos en el estado, presenta una baja contribución al PIB estatal, además de que ocasiona fuertes impactos ambientales, como el cambio de uso de suelo y un alto consumo de agua subterránea. La menor disponibilidad de agua para riego amenaza la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de producción, pero sobre todo pone en riesgo la viabilidad y la permanencia de los sistemas naturales y la biodiversidad del estado. Asimismo, la actividad minera que genera graves afectaciones ambientales y problemas sociales, tampoco contribuye con todo su potencial al PIB estatal, tornándose en una actividad con limitada sustentabilidad.

En este sentido, es necesario que en Zacatecas se implementen acciones tendientes a mejorar las condiciones económicas de la población, pero considerando criterios de aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad.

Referencias

Burnes-Ortiz, A. 2010. Minería y desarrollo regional en Zacatecas: un balance crítico. En: *Ecología política de la minería en América Latina. Aspectos socioeconómicos, legales y ambientales de la megaminería*. G.C. Delgado-Ramos (coord.). UNAM, México, pp. 183-212.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2007. *La gestión del agua en México. Avances y retos 2006*. CONAGUA, México.

—. 2008. *Estadísticas del agua en México 2008*. SEMARNAT, México.

- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2012a. *Indicadores demográficos 2005-2030*. En: <<http://catalogo.datos.gob.mx/dataset?q=aIndicadores+demogr%C3%A1ficos+2005-2030+f>>, última consulta: 20 de agosto de 2012.
- . 2012b. *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: 15 de agosto de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1986. *Estructura económica del estado de Zacatecas: sistema de cuentas nacionales de México: estructura económica regional: producto interno bruto por entidad federativa 1970, 1975, 1980*. INEGI, México.
- . 2010. *Sistema de cuentas nacionales de México. Producto interno bruto por entidad federativa, 2003-2008, año base 2003*. INEGI, México.
- . 2011a. *Sistema de cuentas nacionales de México. Producto interno bruto por entidad federativa, 2006-2010, año base 2003*. INEGI, México.
- . 2011b. *Encuesta nacional de ocupación y empleo. Zacatecas. Empleo IV 2010*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/regulares/enoe/default.aspx>>, última consulta: 18 de agosto de 2012.
- . 2011c. *Sistema para la consulta del anuario estadístico de Zacatecas 2010*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee11/info/zac/mapas.pdf>>, última consulta: 11 de enero de 2013.
- . 2012. *Perspectiva estadística Zacatecas. Diciembre 2011*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-zac.pdf>>, última consulta: 29 de enero de 2013.
- Manzanares-Acuña, E., H.R. Vega-Carrillo, M.C. Escobar-León et al. 2005. *Evaluación de riesgos ambientales por plomo en la población de Vetagrande, Zacatecas. Reporte final*. Universidad Autónoma de Zacatecas, México.
- OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2008. *Environmental performance of agriculture in OECD countries since 1990*. OCDE, París.
- Padilla-Bernal, L.E., A. Lara Herrera, E. Reyes-Rivas y Ó. Pérez-Veyna. 2012. Competitiveness, efficiency and environmental impact of protected agriculture in Zacatecas, Mexico. *International Food and Agribusiness Management Review* 15(4):49-64.

Infraestructura

Óscar Pérez Veyna

Este capítulo describe de manera general todas aquellas obras que son realizadas por los gobiernos y las empresas con el fin de apoyar la generación, mantenimiento y desarrollo de productos y servicios que dinamizan las actividades económicas y sociales, y que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los zacatecanos.

Existen varios tipos de infraestructura en el estado, como la energética, de servicios públicos, de telecomunicaciones, de salud y de educación, así como de vías de comunicación y transporte, de las que a continuación se hace una breve descripción.

Energética

La “Zona Zacatecas” de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con: a) tres subestaciones de transmisión eléctrica, que a su vez comprenden estaciones elevadoras y reductoras con una potencia de 625 megavoltioamperios (MVA); y b) 36 subestaciones de distribución con una potencia de 693 MVA (INEGI 2011a). De estas, las más importantes por su capacidad se ubican en los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Fresnillo, Tlaltemango, Ojocaliente y Jerez. En esta zona se atiende aproximadamente a 503 050 usuarios, equivalentes al número de contratos al 31 de diciembre de 2010. De estos, 430 941 (85.7%) son de servicio doméstico, 54 726 (10.9%) industriales y de servicios, 7 086 agrícolas (1.4%), 9 020 (1.8%) de alumbrado público y el resto (0.3%) son para bombeo de aguas potables y negras. El grado de electrificación en el estado es de 98.36% (INEGI 2011a).

Servicios públicos de limpia

La recolección de residuos sólidos urbanos (RSU) ha sido una de las más complejas tareas de las administraciones municipales, pues al incremento

de la población y, en consecuencia, el volumen de RSU, no se ha asociado un desarrollo proporcional de la infraestructura y personal de los departamentos de limpia.

En Zacatecas se utilizan 230 vehículos para la recolección de los RSU: en primer lugar están los de tipo compactador con 137 unidades (60%); le siguen los de caja abierta, que suman 81 (35%); los 12 restantes (5%) se clasifican como otro tipo de vehículos (INEGI 2013). Aunque los 58 municipios cuentan con servicios de recolección de RSU (INEGI 2012b), el municipio de Zacatecas posee más infraestructura al disponer de 20% de los vehículos recolectores de diferentes capacidades (750-8 000 kg) y tipos (volteos, cargas laterales y cilindros compactadores; Talamantes 2012).

Actualmente solo se cuenta con un relleno sanitario que permitirá el confinamiento adecuado de los RSU generados en los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Vetagrande y Morelos, que producen en conjunto cerca de 30% de los RSU del estado (Talamantes 2012). Este incluye obras complementarias, como caminos de acceso, báscula, caseta y zonas de amortiguamiento y tendrá una vida útil de entre 25 y 30 años. Sin embargo, en el resto de la geografía del estado prevalece una condición de rezago severo en la materia, por la cantidad de tiraderos a cielo abierto que persisten y que no cumplen con la normatividad ambiental vigente (véase “Contaminación por residuos sólidos” en esta misma obra).

Se calcula que durante el año 2010 se generaron en el estado 571 400 t que fueron a parar a los tiraderos de basura a cielo abierto (INEGI 2012a). De 2010 a 2011 se presentó un incremento de 2.7% en la generación de residuos sólidos urbanos, al pasar de 403 330 a 414 280 t, es decir,

Pérez-Veyna, Ó. 2020. Infraestructura. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 83-90.

en promedio cada habitante de la entidad produjo 276 kg de RSU en un año o 0.750 kg/hab/día. La generación de RSU creció 25% en un plazo de 10 años, cuando la población tuvo un crecimiento de 11% en el mismo lapso (Talamantes 2012).

En promedio se recolectan 1 052 t diarias de residuos sólidos urbanos o desechos generados en las viviendas, parques, jardines y edificios públicos, principalmente, que representan 1% de la recolección nacional. En nueve municipios, en los que reside más de la mitad de la población estatal, se recogen 62% de todos los residuos; Zacatecas registra la mayor proporción con 150 t (14%); le sigue Guadalupe, con 140 (13%); Fresnillo, con 110 (10%); Río Grande, con 80 (8%); Jerez, con 52 (5%); Nochistlán de Mejía, 40 (4%); Valparaíso 38 (4%); Sombrerete con 23 (2%) y Pinos con 22 (2%; INEGI 2013).

Plantas de tratamiento de aguas residuales

Actualmente existen 80 plantas de tratamiento de aguas residuales en el estado, 62 operan bajo un régimen público y 18 privado, y solo 52% funcionan de manera eficiente, pues la mayoría de los ayuntamientos enfrentan problemas económicos para la operación de las mismas (INEGI 2011a).

Para estimular la necesidad de contar con plantas tratadoras de aguas residuales, el gobierno federal destina a los ayuntamientos un apoyo que oscila entre 30 y 50 centavos por cada metro cúbico de aguas residuales tratadas (CONAGUA 2012). En las 62 plantas municipales de tratamiento de aguas residuales en operación se dispone de una capacidad de 970.7 l/s y un caudal tratado de 875 l/s, con una cobertura de tratamiento de 21% respecto al agua residual colectada (INEGI 2012b).

El costo de la energía y los costos de operación son los dos factores que determinan el adecuado funcionamiento de tan importante infraestructura, que permite el saneamiento del agua. Con la planta ubicada en la comunidad de Osiris, municipio de Guadalupe, que entró en operación en 2013, se estima que Zacatecas alcanzaría una

cobertura superior a 75% de aguas tratadas a nivel estatal, cifra que estaría por encima de la media nacional (INEGI 2012b).

Industrial

Zacatecas tiene tres parques industriales: 1) el parque industrial Fresnillo, a 62 km de la capital; 2) el parque industrial Calera, a 23 km de la capital y 3) el parque industrial de Guadalupe, a 10 km de la ciudad capital. Además, cuenta con cuatro parques industriales en desarrollo: 1) la célula industrial La Zacatecana, a 11 km de la ciudad de Zacatecas; 2) el parque industrial aeroespacial; 3) la célula industrial Jerez y 4) el parque industrial Osiris (SEZAC 2012). La distancia promedio de los parques industriales a los puertos de altura en el Pacífico mexicano es de 410 km y a las principales ciudades de la frontera con los Estados Unidos de América es de 750 km, lo que significa que esta infraestructura cuenta con ventajas por su relativa cercanía a la frontera y al comercio internacional, situación que deberá ser aprovechada para ganar ventajas competitivas por el costo del arrastre de los productos y las mercancías desde puntos más lejanos del país.

En el parque industrial Fresnillo se encuentran establecidas 14 empresas (12 extranjeras y dos mexicanas). Entre sus actividades están los giros de lácteos, alimento para ganado, arneses para la industria pesada y aeronáutica, manufacturas de partes automotrices plásticas, sistemas de distribución de agua para la industria automotriz, tarjetas de circuitos electrónicos y sistemas eléctricos para aeronaves (SEZAC 2012).

La célula industrial La Zacatecana es un parque industrial en desarrollo que dispone de un total de 65 lotes y cuenta con los servicios de agua potable, energía, vialidades y telefonía, entre otros. En el parque industrial Calera se encuentran establecidas diez empresas cuyas actividades están relacionadas con productos de acero, envases de aluminio y tapas, fabricación de pisos y recubrimientos de cerámica, fabricación de envases, corcholatas, agua purificada, entre otras. Finalmente,

en el parque industrial de Guadalupe se encuentran establecidas 32 empresas de los giros de partes metálicas para la industria automotriz, leche pasteurizada, telas, pinturas, barnices, esmaltes, lacas, tanques, tuberías, entre otros (SEZAC 2012).

Medios de comunicación masiva y telecomunicaciones

En el estado operan 19 radiodifusoras (18 comerciales y una cultural; 13 de amplitud modulada y seis de frecuencia modulada), así como 16 estaciones televisoras (tres locales y 13 repetidoras; INEGI 2012b).

De acuerdo con la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL 2012), en 2008 se encontraban operando 197 129 líneas telefónicas fijas, de las cuales 166 533 eran residenciales y 30 596 no residenciales; la densidad de líneas telefónicas fijas era de 14.3 líneas por cada 100 habitantes. En 2009 la densidad era de 13.8 con 190 705 líneas operando, de las cuales 159 635 eran residenciales y 31 070 no residenciales. En 2010 había una densidad de 12.6 con 188 438 líneas totales, de las cuales 156 909 eran residenciales y 31 529 no residenciales. Estos datos dan cuenta de la caída en la contratación de líneas por situaciones de inseguridad y, probablemente, por las dificultades económicas prevalecientes.

Asimismo, operan en el estado tres redes de telefonía móvil (celular). En 2005 había 26.1 usuarios de telefonía móvil por cada 100 habitantes, mientras que en 2010 cambió a 56.4 (INEGI 2011a). En 2010 había 182 centros comunitarios digitales e-México y 120 localidades que contaban con el servicio (INEGI 2011a, b). Los centros comunitarios son sitios de acceso público que se encuentran en escuelas, bibliotecas, centros de salud, oficinas de correos y edificios de gobierno en donde se ofrecen los servicios de acceso a internet, uso de equipos de cómputo con paquetes computacionales diversos, impresión de archivos y documentos, así como asesoría y capacitación al público en este sistema; estos se ubican en localidades mayores a 400 habitantes.

Correos y telégrafos

En 2010 la entidad contó con 851 oficinas postales (16 administraciones, 20 sucursales, 195 agencias, 14 expendios, 578 instituciones públicas, 26 Mexpost, dos de otros servicios; INEGI 2011b) y 30 oficinas de la red telegráfica nacional, localizadas principalmente en comunidades remotas y de baja actividad económica (INEGI 2011a, b).

Salud

Para diciembre de 2010, Zacatecas contaba con 471 unidades médicas públicas: 35 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 35 del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), 146 de IMSS-Oportunidades, 247 de los Servicios de Salud de Zacatecas (SSZ) y ocho del sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF). La población derechohabiente de los servicios de salud al último día de 2010 fue de 1 020 487 habitantes (68.45%).

El personal médico a la misma fecha fue de 2 955 (IMSS 811, ISSSTE 287, IMSS-Oportunidades 299, SSZ 1 530, DIF 28). El personal de enfermería fue de 3 477 (IMSS 806, ISSSTE 329, IMSS-Oportunidades 395, SSZ 1 934, DIF 13; INEGI 2011a). Para ese mismo año existían también 538 casas de salud y 563 técnicas en salud; estas últimas se refieren a personas oriundas de las comunidades, líderes que gozan de prestigio y reconocimiento y que están capacitadas para otorgar servicios básicos de salud (INEGI 2011a).

El número de consultas por médico subió de 1 815.5 en el año 2000 a 1 864.5 en 2009. Para estos mismos años, respectivamente, el número de médicos por unidad subió de 5 a 6.2. También se incrementó el número de consultas por unidad médica de 9 121.5 en el año 2000 a 11 478.9 en 2010 (INEGI 2011a). Los indicadores de productividad diaria al 31 de diciembre de 2010 fueron: a) 10.4 consultas promedio por médico general; b) 20.8 consultas por consultorio general; c) 3.2 intervenciones quirúrgicas por quirófano; d) 78.4% de ocupación hospitalaria y e) 3.2 días de estancia hospitalaria (INEGI 2012b).

Cuadro 1. Planteles, aulas, bibliotecas, laboratorios, talleres y anexos en uso a fin de cursos por nivel educativo (ciclo escolar 2006-2007).

Nivel	Planteles	Aulas	Bibliotecas	Laboratorios	Talleres	Anexos ^a
Preescolar ^b	1 527	3 916	47	7	6	7 210
Primaria	1 875	10 835	357	62	80	14 467
Secundaria	1 050	4 342	247	175	381	6 096
Profesional técnico	4	52	3	12	11	68
Bachillerato	144	1 258	58	196	149	1 898
Superior	54	503	27	110	54	1 200
Otros ^c	109	376	22	34	90	1 080
Total	4 763	21 282	761	596	771	32 019

La información está expresada en términos de planta física, pues esa misma infraestructura puede servir para el funcionamiento de varias escuelas y turnos.

^a Anexos. Comprende dirección, administración, prefectura, supervisión de zona, aula de actividades, orientación vocacional, parcela escolar o terreno de cultivo, asta bandera, cooperativa o cafetería, estacionamiento, pórtico, sala de espera, alberca, canchas deportivas, cocina, lavandería, dormitorios para alumnos, letrinas, mini hogar o consejería, sanitarios para personal hombres, sanitarios para personal mujeres, sanitarios para personal ambos sexos, sanitarios para alumnos hombres, sanitarios para alumnos mujeres, sanitarios para alumnos ambos sexos, cubículos o salas de maestros, casa del maestro, cancha múltiple, gimnasio, aula de usos múltiples, sala de cómputo, sala audiovisual, almacén o bodega, intendencia, auditorio, plaza cívica, servicio médico, zona de juegos infantiles, chapoteadero o arenero, aula con cámara de observación, banco de material didáctico, aula con aro magnético y zona de hidroterapia.

^b Incluye educación inicial.

^c Comprende capacitación para el trabajo, educación especial y educación básica para adultos.

Fuente: INEGI 2012b.

Para finales del año 2010, el total de camas cuantificables en unidades médicas de las instituciones públicas del sector salud fue de 969: 53% de los ssz, 38.5% del IMSS e IMSS-Oportunidades y 8.5% del ISSSTE. Se contaba también con 969 consultorios: 50.3% de los ssz, 36.2% del IMSS e IMSS-Oportunidades, 10.1% de ISSSTE, 3.4% de DIF; 36 gabinetes de radiología, 42 quirófanos, 84 ambulancias, 170 salas de expulsión y 295 farmacias (INEGI 2011a).

Educación

La infraestructura en educación se presenta en el cuadro 1, donde se observa un total de 60 192 planteles, aulas, bibliotecas, laboratorios, talleres y anexos, distribuidos en los diferentes niveles educativos. La mayor asignación de infraestructura corresponde al nivel de educación primaria en

cuatro de los seis conceptos. En este mismo orden le sigue el nivel secundaria, con cinco de los seis conceptos. El nivel profesional técnico se observa como el de menor asignación de infraestructura.

El concepto cuantitativamente más significativo es el de anexos, seguido del de aulas. El nivel secundaria cuenta con el mayor número de talleres, mientras que el bachillerato dispone de mayor número de laboratorios. El número de bibliotecas por plantel en el nivel superior se observa deficiente, pues su relación con el número de planteles es de un plantel por 0.5 bibliotecas (INEGI 2012b).

Carreteras

Para el año 2000, la longitud de la red carretera del estado era de 9 877 km, mientras que para 2010 esta misma red alcanzó los 11 841 km, de los cuales, 5 047 km corresponden a caminos rurales

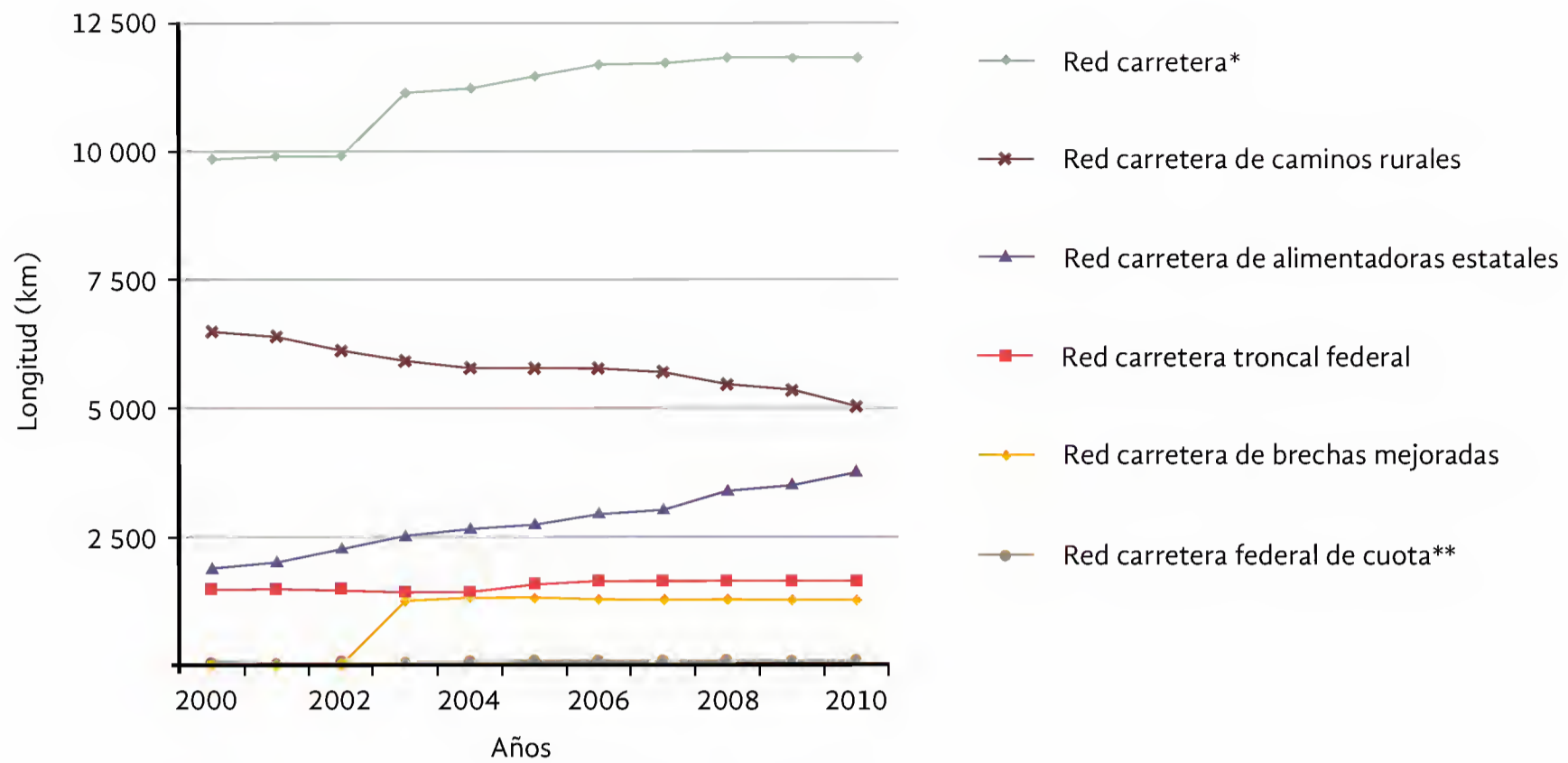


Figura 1. Red carretera de 2000 a 2010; * se refiere a la longitud total de la red; ** esta puede ser de administración federal o estatal. Fuente: elaboración con base en INEGI 2011a.

revestidos, es decir, el tipo de carretera más abundante en la entidad (figura 1; INEGI 2011a).

Ferrocarriles

Para el año 2010, el estado contaba con 671 km de vías férreas con la siguiente contribución por cada tipo: 5 km de particulares, 81 km de líneas secundarias y 585 km de troncales y ramales. Las conexiones de la red ferroviaria son: al norte hacia Torreón, Coahuila; al noroeste hacia Durango; al sur hacia Aguascalientes y al sureste hacia Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí (INEGI 2011a).

Aeropuertos

Zacatecas cuenta con el aeropuerto internacional “Leobardo C. Ruiz”, el cual se ubica en el municipio de Morelos, cerca del parque industrial de Calera. Su punto más alto de operaciones se registró en 2010 con 9 936 vuelos que trasladaron a 268 577 personas, aunque la mayor cantidad de pasajeros (297 753) se atendió en 2005 (INEGI 2011a, b).

Las operaciones aéreas comerciales realizadas en 2010 correspondieron a 5 067 salidas (4 486 hacia destinos nacionales y 581 con destino inter-

nacional) y 4 869 llegadas (4 309 nacionales y 560 internacionales); en estas se atendió la salida de 151 262 pasajeros (105 024 con destino nacional y 46 238 internacional) y se recibieron 117 315 pasajeros (81 076 nacionales y 36 239 internacionales; INEGI 2011a, b). Lo anterior muestra una oscilación que refleja con claridad las dificultades económicas vigentes.

Conclusiones

En el presente capítulo se ha presentado información sobre la infraestructura en el estado con base en la información disponible hasta diciembre de 2010. Dos aspectos son importantes de resaltar: por un lado, la infraestructura que es administrada por las instancias dependientes de los ayuntamientos parece mostrar mayores dificultades para que sus indicadores se ubiquen por encima de los promedios nacionales, como es el caso de los servicios de limpia y del tratamiento de aguas residuales. Se requiere mayor determinación para que los ayuntamientos tengan la posibilidad de ejecutar acciones que en el corto plazo reposicionen al estado por arriba de la media nacional en tan sensibles indicadores.

Por otra parte, la energética muestra un alto nivel de cobertura en usuarios particulares; los requerimientos de la industria son satisfechos, aunque es necesario incrementar el padrón de usuarios mediante el fomento a la inversión privada. La red de carreteras que por varios años presentaba serios rezagos en su amplitud y calidad, hoy permite comunicar al estado con cinco carreteras federales hacia los estados circunvecinos y, con ello, facilitar el intercambio de bienes, productos y servicios, fomentando así el empleo y el ingreso.

A pesar de la dispersión de la población en comunidades, se ha llevado a cabo un importante avance en la cantidad y calidad de los servicios médicos. De esa manera existen mayores posibilidades de atención a grupos vulnerables, como infantes y personas de tercera edad. La cobertura y la cantidad de servicios están respaldadas por médicos, enfermeras y personal de apoyo que permiten

contar con niveles de atención aceptables. No obstante, existe la necesidad de continuar con la mejora sustancial de la infraestructura hospitalaria y la ampliación de la plantilla de personal médico, de enfermería y apoyo.

Los servicios de telégrafo siguen siendo en algunas comunidades remotas y de baja actividad económica, la mejor opción para la comunicación. Su bajo costo facilita la demanda por usuarios de bajos recursos. La red de oficinas postales en el estado es también un soporte importante en ese tipo de comunidades. En poblaciones de más de 2 500 habitantes es posible el acceso a telefonía (alámbrica e inalámbrica), lo cual posibilita también el acceso a la comunicación vía internet. A diferencia del telégrafo y el correo, la rapidez y eficiencia de las comunicaciones inalámbricas estimulan su uso; sin embargo, su costo será sin duda un freno al incremento en el número de usuarios y, con él, a la mejora de los indicadores de desarrollo.

Referencias

- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2012. *Incentivos para la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales (aplicable para el ejercicio 2012)*. En: <www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/LINEAMINCENTIVO-SOPERACIONPATRs.pdf>, última consulta, 31 de julio de 2013.
- COFETEL. Comisión Federal de Telecomunicaciones. 2012. En: <www.cofetel.gob.mx>, última consulta: 26 de agosto de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011a. *Sistema para la consulta del anuario estadístico de Zacatecas 2010*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee12/info/zac/mapas.pdf>>, última consulta: 11 de enero de 2013.
- . 2011b. *Sistema para la consulta del anuario estadístico de Zacatecas, 2011*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee11/estatal/zac/default.htm>>, última consulta: 16 de febrero de 2010.
- . 2012a. *Sistema municipal de base de datos (SIMBAD). Estadísticas de transportes. Zacatecas*. En: <<http://sc.inegi.org.mx/cobdem/resultados.jsp?w=68&Backidhecho=98&Backconstem=96&constembd=028&tm=%27Backidhecho:2,Backconstem:2,constembd:3%27>>, última consulta: 26 de agosto de 2012.
- . 2012b. *Perspectiva estadística Zacatecas. Diciembre 2011*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-zac.pdf>>, última consulta: 29 de enero de 2013.
- . 2013. *Estadística básica sobre medio ambiente datos de Zacatecas*. INEGI, México.
- SEZAC. Secretaría de Economía Zacatecas. 2012. *Parques industriales en el estado*. En: <<http://wp.sezac.org.mx/parques-industriales-de-zacatecas/>>, última consulta: 26 de agosto de 2012.
- Talamantes, J.C. 2012. Departamento de residuos sólidos. Presidencia Municipal de Zacatecas. Comunicación personal.

Transporte

Luz Evelia Padilla Bernal

Los principales medios de transporte para el traslado de personas o carga, para el desarrollo de las actividades en los sectores privado, público, productivo y de servicios en el estado, son los vehículos automotores que usan para su funcionamiento gas LP, gasolina o diésel, tales como automóviles, camiones para pasajeros, camiones y camionetas para carga y motocicletas. Esto se determina por la infraestructura urbana y carretera de la entidad (INEGI 2012a). La construcción y la ampliación de carreteras ha permitido una mayor comunicación espacial entre los municipios y la capital, así como con los estados vecinos de San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Aguascalientes y Jalisco. El transporte por vías férreas es mínimo, ya que solo se cuenta con 673 km.

De acuerdo con el INEGI (2012b), el número total de vehículos automotores en circulación registrados en 2010 era de 504 833 (figura 1), de los cuales la mayor parte eran camiones y camionetas de carga (53.7%), seguidos de automóviles (43.0%) y motocicletas (2.9%); la menor participación fueron los camiones de pasajeros que participaron con solo 0.4% del total. Entre 1980 y 2010 los vehículos automotores fueron el principal medio de transporte; su número creció a una tasa media anual de 9.4%, entre ellos la tasa más elevada la alcanzaron los camiones y camionetas de carga (10%) y la más baja los camiones de pasajeros (4.7%; figura 1).

El ritmo de crecimiento de los vehículos registrados fue más elevado en la primera década del

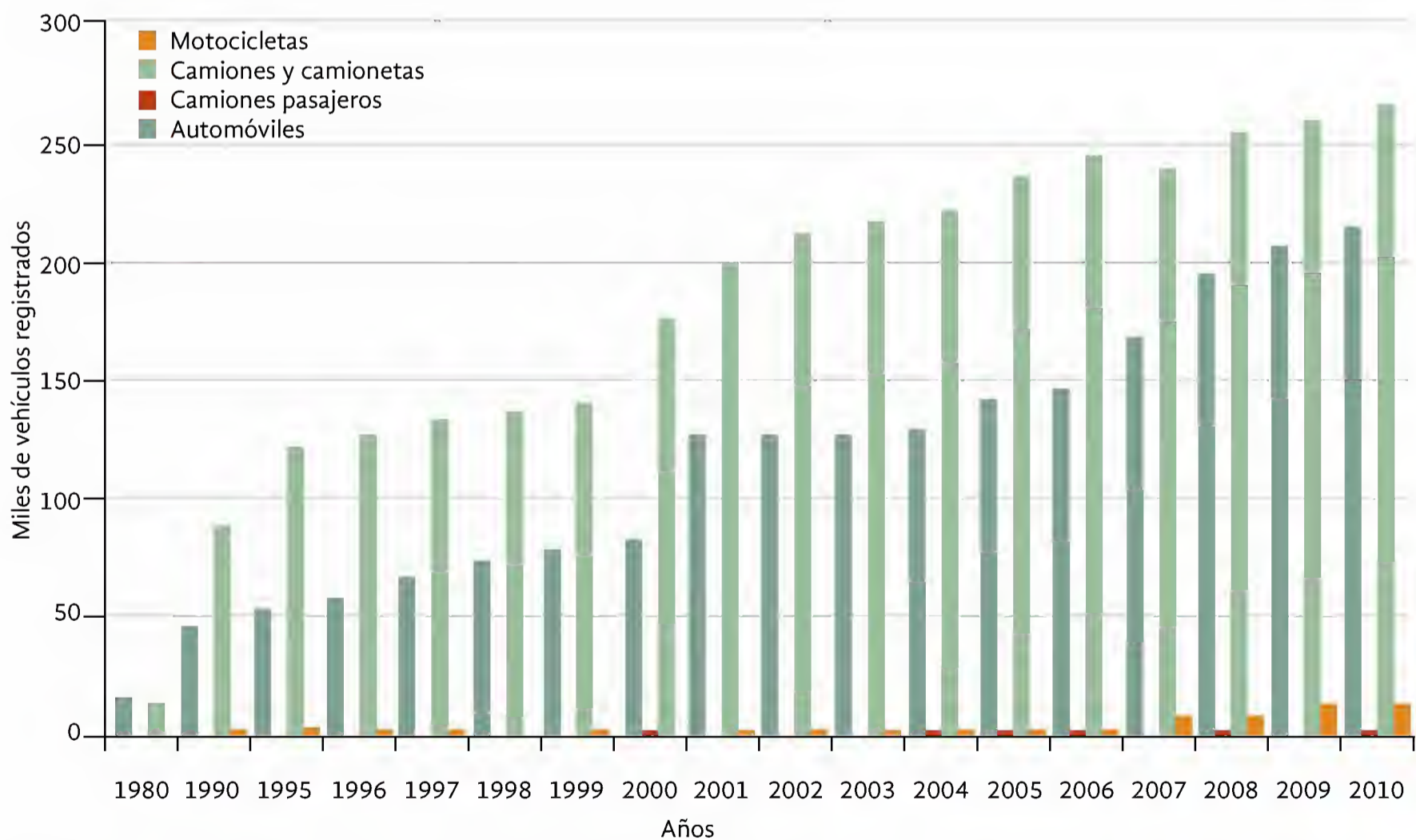


Figura 1. Vehículos registrados por año y tipo entre 1980 y 2010. Fuente: elaboración con base en INEGI 2012b.

Padilla-Bernal, L.E. 2020. Transporte. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 89-90.

siglo XXI (6.6%) que en la década de los noventa (6.5%); los automóviles y las motocicletas son los que en el presente siglo han crecido aceleradamente (9.8% y 21.5%, respectivamente). Esto se atribuye, principalmente, al crecimiento de la población y a las facilidades otorgadas para la adquisición de vehículos y, en menor medida, a su importación de los Estados Unidos de América por el proceso de reducción arancelaria del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Esta dinámica del número de vehículos en circulación se determina sin tomar en cuenta los que se encuentran de paso o de manera

permanente, pero que tienen placas de otra entidad de la república mexicana o del extranjero.

Conclusiones

Los vehículos automotores que usan para su funcionamiento gas LP, gasolina o diésel son el principal medio de transporte en Zacatecas. Las tasas de crecimiento registradas en este tipo de vehículos en los últimos años sugieren un aumento en el consumo de combustibles, lo que implica un incremento en la emisión de contaminantes y por ende un impacto negativo en la sustentabilidad de la región.

Referencias

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012a. *Perspectiva estadística Zacatecas. Diciembre 2011*. En: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-zac.pdf>>, última consulta: 29 de enero de 2013.

—. 2012b. *Sistema municipal de base de datos (SIMBAD). Estadísticas de transportes. Zacatecas*. En: <<http://sc.inegi.org.mx/cobdem/resultados.jsp?w=68&Backidhecho=98&Backconstem=96&constembd=028&tm=%27Backidhecho:2,Backconstem:2,constembd:3%27>>, última consulta: 26 de agosto de 2012.

Marco jurídico ambiental

Rodolfo Esteban González Parga

Zacatecas se distingue por la riqueza de sus ecosistemas: desde selva baja caducifolia y bosques, hasta matorrales y pastizales. Estos forman parte de biomas de gran importancia ecológica que son reconocidos incluso a nivel internacional, como el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental. Por ello es fundamental a nivel local establecer los instrumentos jurídicos que regulen su conservación y aprovechamiento sustentable.

Sin embargo, los recursos naturales y la biodiversidad, inmersos en el territorio zacatecano, reciben constantes impactos negativos debido a la falta de una cultura para su cuidado y uso sustentable. Tal situación se refleja no por la ausencia de un marco legal ambiental en el estado, sino por la desinformación y el desconocimiento de los diferentes sectores de la sociedad sobre la existencia de dichos instrumentos jurídicos, así como por la falta de capacidades institucionales para implementarlos adecuadamente.

En el presente capítulo se describen los diversos instrumentos jurídicos que regulan el uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales y biodiversidad del estado, con los que se busca contribuir a la creación de una sociedad más informada, responsable y proactiva.

Marco jurídico internacional en materia de biodiversidad

En México hay una serie de convenios y tratados internacionales que, junto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son la máxima ley en materia ambiental.

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)

En 1992 se celebró en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio

Ambiente y Desarrollo conocida como “Cumbre de la Tierra”; en ella se firmaron tres acuerdos jurídicamente vinculantes de gran importancia ambiental: la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB); este último es el primer acuerdo mundial enfocado en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

El CDB tiene tres objetivos principales: 1) la conservación de la biodiversidad, 2) el uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica y 3) la participación justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. Además, reconoce por primera vez que la conservación de la diversidad biológica es una preocupación común para la humanidad, que forma parte del proceso de desarrollo y recuerda a los encargados de la toma de decisiones que los recursos naturales no son infinitos, por lo que propone su uso sostenible.

Los países firmantes, incluido México, asumieron el compromiso de implementar políticas públicas en materia de biodiversidad; como parte de ello, en el año 2000 se publicó la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (CONABIO 2008).

La iniciativa de Estrategias Estatales de Biodiversidad (EEB), en la cual se enmarca la presente obra, contribuye con la integración de información sobre la biodiversidad a fin de contar con un diagnóstico, y también se enmarca en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, con lo que se suma a los esfuerzos realizados en el panorama nacional e internacional.

González Parga, R.E. 2020. Marco jurídico ambiental. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 91-98.

Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Es un instrumento jurídico internacional que regula el comercio de especies silvestres amenazadas por esta actividad, mediante un sistema de permisos y certificados que se expiden para la exportación, reexportación, importación e introducción de animales y plantas, vivos o muertos y de sus partes o derivados. Para el 2018, se cuenta con 183 países miembros o Partes. En México fue aprobado por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el día 18 de junio de 1991. El instrumento de adhesión fue firmado el día 27 de junio de 1991 y depositado ante el gobierno de Suiza el día 2 de julio del mismo año. Por lo tanto, su aplicación en México adquiere nivel de ley suprema con base en el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA)

En el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) firmado por México, Canadá y Estados Unidos de América se destaca el compromiso de respetar los acuerdos en materia ambiental, así como de implementar acciones en caso de incompatibilidad. En este contexto surge esta Comisión, cuyos objetivos son los siguientes:

- a) alentar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en territorio de las Partes para el bienestar de las generaciones presentes y futuras;
- b) promover el desarrollo sustentable a partir de la cooperación y el apoyo mutuo en políticas ambientales y económicas;
- c) incrementar la cooperación entre las Partes encaminada a conservar, proteger y mejorar aún más el medio ambiente, incluidas la flora y la fauna silvestres;
- d) apoyar las metas y los objetivos ambientales del TLC;
- e) evitar la creación de distorsiones o de nuevas barreras en el comercio;

f) fortalecer la cooperación para elaborar y mejorar las leyes, reglamentos, procedimientos, políticas y prácticas ambientales;

g) mejorar la observancia y la aplicación de las leyes y reglamentos ambientales;

h) promover la transparencia y la participación de la sociedad en la elaboración de leyes, reglamentos y políticas ambientales;

i) promover medidas ambientales efectivas y económicamente eficientes, y

j) promover políticas y prácticas para prevenir la contaminación.

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)

Está conformada por países centroamericanos; México se une en 1995 como miembro extrarregional con el fin de impulsar, consolidar e instrumentar políticas que promuevan el desarrollo sostenible, la conservación y el uso racional de los recursos naturales y la protección del entorno ecológico de la región, así como privilegiar la asociación con los países centroamericanos.

Comité Trilateral MÉX-CAN-EUA de Vida Silvestre para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre y Ecosistemas

Tiene como objetivo unir esfuerzos entre las agencias de vida silvestre y otras instituciones de los gobiernos de México, Canadá y los Estados Unidos, para llevar a cabo programas y proyectos para la conservación y manejo de la diversidad biológica y ecosistemas de interés mutuo. Está encabezado por los directores del Servicio de Vida Silvestre de Canadá, del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.

Marco jurídico nacional en materia de biodiversidad

Más adelante se describirán las legislaciones vigentes en México en materia de medio ambiente y biodiversidad.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Es la ley suprema del país, junto con las leyes que emanen del Congreso de la Unión y los tratados internacionales, a las que se sujetarán las constituciones y leyes de los estados. La Constitución (Congreso de la Unión 1917) establece como un derecho de los ciudadanos contar con un medio ambiente sano para el desarrollo y el derecho al consumo del agua; tanto la federación, el estado, así como los municipios tienen la obligación de garantizarlo. Esto significa que el Estado tiene la potestad de dictar las medidas para regular los asentamientos humanos, el uso y aprovechamiento de las tierras, las aguas y los bosques, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico, ya que la nación tiene la facultad de imponer medidas a la propiedad privada para que se haga cumplir con dicho derecho.

En congruencia con la Carta Magna, las leyes en materia de biodiversidad emanadas del Congreso son: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y la Ley de Aguas Nacionales.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Representa la ley ambiental marco de México y tiene por objeto, entre otros muchos, la preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección y uso de los recursos naturales y la biodiversidad (SEDUE 1988). Establece las competencias de la federación, el estado y los municipios, en recursos naturales y biodiversidad, entre otras materias.

Ley General de Vida Silvestre (LGVS)

Fue publicada el 4 de julio de 2000. Tiene por objeto establecer la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los

municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, con respecto a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la república mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción (SEMARNAT 2000a). La competencia que le deja esta ley al gobierno del estado es coadyuvar con la Federación en materia de vida silvestre.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

Este instrumento jurídico fue publicado el 25 de febrero de 2003. Regula y fomenta la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos. Asimismo, distribuye las competencias que en materia forestal corresponden a la federación, los estados, la Ciudad de México y los municipios, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable (SEMARNAT 2003b).

Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Fue publicada el 1 de diciembre de 1992. Se le han hecho diferentes reformas; la más actual es del 24 de marzo del año 2016. Es regulatoria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales. Tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (SARH 1992).

Ley Agraria

Fue publicada el 26 de febrero de 1992. Es la parte reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de régimen de la tierra y asentamientos urbanos; tiene por objeto establecer la tenencia de la tierra, siempre en cumplimiento de la Ley General de Asentamientos Humanos y la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Congreso de la Unión 1992).

Código Penal Federal

En el Título Vigésimo Quinto sobre Delitos Contra el Ambiente y la Gestión Ambiental, se tipifica el delito contra la biodiversidad y la bioseguridad, estableciendo la aplicación de la pena privativa de libertad, así como multas. Su aplicación la lleva a cabo la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) a través de la denuncia ambiental. Si se configura que el delito es de tipo penal, se denuncia ante el Ministerio Público Federal dependiente de la Procuraduría General de la República, para que este a su vez lo consigne ante un juez de distrito (Congreso de la Unión 1931).

Normas oficiales mexicanas en materia de biodiversidad

NOM-007-SEMARNAT-1997

Se publicó el 30 de mayo de 1997, y corresponde a la versión actualizada de la NOM-007-RECNAT-1997 con base en el acuerdo de cambio de nomenclatura de las normas oficiales mexicanas (SEMARNAT 2003a). Tiene por objeto establecer los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas en poblaciones naturales, no incluye las hojas de palma; todos ellos considerados recursos forestales no maderables (SEMARNAT 1997).

En Zacatecas esta norma aplica principalmente para especies como el orégano (*Lippia* spp.), la gobernadora (*Larrea tridentata*), la damiana (*Turnera* spp.), el maguey (*Agave* spp.), el nopal (*Opuntia* spp.) y el piñón (*Pinus* spp.).

NOM-013-SEMARNAT-2010

Fue publicada el 6 de noviembre de 2010. Establece las especificaciones fitosanitarias que deben cumplir los árboles de navidad naturales de las especies de los géneros *Pinus* y *Abies*, y la especie *Pseudotsuga menziesii* (abeto de Douglas) para la internación de estos productos y es de cumplimiento obligatorio para las personas físicas o morales que

se dediquen a su importación con fines comerciales y no comerciales (SEMARNAT 2010a).

NOM-018-SEMARNAT-1999

Fue publicada el 27 de octubre de 1999, y es la versión actualizada de la NOM-018-RECNAT-1996 (SEMARNAT 2003a). Tiene por objeto establecer el procedimiento, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba candelilla (*Euphorbia* spp.), y el transporte y almacenamiento del cerote. Se aplica para las personas que aprovechan, transportan y almacenan estos recursos (SEMARNAT 1999).

NOM-019-SEMARNAT-2017

Fue publicada el 22 de marzo de 2018. Esta norma establece los lineamientos técnicos de los métodos que se deben cumplir para el manejo (combate y control) de los insectos descortezadores en plantas de las especies de coníferas (pinos, cedros, abetos, ciprés, pseudotsugas, sabinos, etc.), así como de encinos (*Quercus* spp.) y fresnos (*Fraxinus* spp.) y es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para toda aquella persona que realice estas actividades (SEMARNAT 2018).

NOM-059-SEMARNAT-2010

Fue publicada el 30 de diciembre de 2010, y tiene como antecedente la NOM-059-ECOL-2001 de conformidad con el acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas (SEMARNAT 2003a). Su objeto es identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la república mexicana, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones (SEMARNAT 2010b).

NOM-126-SEMARNAT-2000

Se publicó el 20 de marzo de 2001 y corresponde a la actualización de la NOM-126-ECOL-2000 (SEMARNAT 2003a). Establece las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica

temporal o definitiva de especies de flora y fauna silvestres, así como de otros recursos biológicos dentro del territorio nacional. Esta norma no aplica para la colecta con fines comerciales o de investigación de germoplasma forestal, la cual se sujetará a lo dispuesto por el artículo 43 del Reglamento de la Ley Forestal y a las normas oficiales mexicanas que para el efecto se emitan (SEMARNAT 2000b).

NOM-152-SEMARNAT-2006

Fue publicada el 17 de octubre de 2008 y tiene por objeto determinar los lineamientos para establecer los criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal, así como la estructura de presentación en los niveles avanzado, intermedio y simplificado, con la finalidad de homologar dichos contenidos (SEMARNAT 2006).

Marco jurídico estatal en materia de biodiversidad

A nivel estatal se cuenta con la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas (Congreso del Estado 1998), de la que emana la facultad de la entidad de promulgar las leyes locales necesarias para cumplir los derechos de los ciudadanos fijados en la Constitución.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas

En este documento se encuentra resguardado el derecho de los ciudadanos zacatecanos a gozar de un medio ambiente sano para lograr un desarrollo integral. Además impone la obligación al Estado de garantizar que ese derecho se cumpla, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras, según lo fija el artículo 30 (Congreso del Estado 1998).

Leyes y reglamentos estatales en materia ambiental

Una vez que en el artículo 30 de la Constitución del estado se establece el derecho al medio ambiente adecuado y sano, así como la obligación del Estado de dictar las medidas necesarias para

cumplir con este derecho, el poder ejecutivo debe expedir las leyes y reglamentos de su competencia en materia ambiental.

Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas (LEPAEZ)

Fue publicada el 31 de marzo de 2007 y reformada el 10 de enero de 2018. Consta de 211 artículos y ocho transitorios; es reglamentaria del artículo 30 de la Constitución Política del estado, y en ella se establecen las facultades, atribuciones y obligaciones que el estado y los municipios tienen en materia de medio ambiente y recursos naturales (Congreso del Estado 2007).

Tiene por objeto garantizar el derecho a un medio ambiente sano, fijar los principios de la política ambiental, las medidas para hacer cumplir este derecho y los medios de apremio. Los reglamentos de esta ley están en proceso de reforma (cuadro 1) en virtud las reformas de 2013.

Ley para el Bienestar y Protección de los Animales en el Estado de Zacatecas

Se publicó el 24 de agosto de 2016; consta de 91 artículos y nueve transitorios (Congreso del Estado 2016a). Tiene por objeto, entre varios otros, proteger la vida y garantizar la protección y el bienestar de los animales, regular el trato digno y respetuoso de los animales, su entorno y sus derechos, regular la expedición de normas zoológicas en materia de bienestar y protección de los animales.

Hace distinción y vela por el bienestar, protección y cuidado de los animales domésticos; abandonados; ferales; adiestrados; guías; para exhibición; para monta, carga, tiro y labranza; para producción y abasto; para medicina tradicional; para utilización en investigación científica; para animaloterapia; silvestres y para acuarios.

Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Zacatecas

Se publicó el 28 de octubre de 2006 y fue reformada el 10 de enero de 2018. Consta de 135 artículos y cinco

transitorios. Tiene por objeto propiciar el desarrollo forestal sustentable de la entidad (Congreso del Estado 2006). Es de interés público y de atención prioritaria en el fomento y protección de los recursos naturales, los servicios ambientales de las áreas forestales y la elevación de la calidad de vida de su población.

Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas

Fue publicada el 16 de octubre de 2010 y reformada el 23 de marzo de 2013 (Congreso del Estado 2010); consta de 130 artículos y ocho transitorios. Tiene por objeto regular la generación, el aprovechamiento y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como prevenir la contaminación y fomentar la remediación de los suelos contaminados con residuos a fin de propiciar el desarrollo sustentable en el estado; su aplicación corresponde al Ejecutivo.

Ley del Cambio Climático para el Estado de Zacatecas y Municipios

Fue publicada el 23 de septiembre de 2015 (Congreso del Estado 2015); consta de 135 artículos y 13 transitorios. Tiene por objeto establecer la concurrencia entre el estado, sus municipios y el gobierno federal, en la elaboración y aplicación de políticas para la adaptación al cambio climático, la

mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (dentro de la competencia estatal), y la reducción de la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas a través de la prevención y control de dichas emisiones.

Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas

Fue aprobada el 30 de noviembre del año 2016. En su artículo 25 tiene el listado de las dependencias que conforman la administración pública centralizada del gobierno del estado. En su fracción XIII menciona a la Secretaría de Agua y Medio Ambiente (Congreso del Estado 2016b).

Código Penal para el Estado de Zacatecas

La reforma al Código Penal del estado aprobada y publicada el 4 de agosto de 2012 se realizó para incluir los delitos de naturaleza ambiental, con la finalidad de conformar una nueva cultura del agua y del cuidado del medio ambiente a través de marcos jurídicos consistentes. Esta reforma tipificaba los delitos contra el medio ambiente y la gestión ambiental en el Título Vigésimo Segundo, y se conserva en el texto vigente, cuya última reforma corresponde al 29 de agosto de 2018 (Congreso del Estado 1986).

Cuadro 1. Reglamentos de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas.

Nombre	Descripción
Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas en materia de certificación ambiental	Publicado el 14 de marzo de 2009 (última reforma del 31 de diciembre de 2014), es de orden público e interés social y tiene por objeto reglamentar la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas, en lo que se refiere a la certificación ambiental estatal para empresas o establecimientos; consta de 44 artículos y cinco transitorios
Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas en materia de impacto ambiental	Publicado el 14 de marzo de 2009 (última reforma del 31 de diciembre de 2014), consta de 34 artículos y cuatro transitorios. Indica cómo el Instituto de Medio Ambiente del Estado (ahora SAMA), con base en el informe preventivo, manifestación de impacto ambiental o estudio de riesgo, determina la procedencia ambiental de realizar un programa, obra o actividad, pública o privada, dentro del territorio del estado, e identifica las medidas que se impondrán de manera obligatoria, para evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente, prevenir futuros daños a este y propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales
Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas en materia de verificación vehicular	Publicado el 30 de noviembre de 2011 (última reforma del 31 de diciembre de 2014), consta de 103 artículos y tres transitorios. Establece el funcionamiento de la verificación vehicular y las medidas de control y vigilancia para disminuir la emisión de contaminantes provenientes de automotores en el estado

Fuente: Congreso del Estado 2009a, b, 2011.

Plan estatal de desarrollo

El plan estatal de desarrollo es el documento rector del desarrollo del estado. La presente obra se enmarca en el plan para el periodo 2011-2016 (Gobierno del Estado 2010); en el eje “Zacatecas Moderno” incluía estrategias en materia de conocimiento, conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad a través del estudio de la biodiversidad del estado en coordinación con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), del ordenamiento ecológico, del fomento al esquema de Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA) y de la reforestación en zonas urbanas y semiurbanas.

Para el periodo 2017-2021, el plan estatal ya contempla como un objetivo específico en el eje 4 “Medio Ambiente y Desarrollo Territorial”, conservar la biodiversidad existente a través del fomento a la conservación y restauración de los ecosistemas, para mantener el patrimonio natural y sus servicios ambientales, y el desarrollo de medidas para la reducción de la degradación de los hábitats naturales y la pérdida de diversidad biológica, entre otras acciones (Gobierno del Estado 2017)

Competencia municipal en materia ambiental

Tal y como lo establece la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el artículo 119 fracción XIV de la Constitución Política de Zacatecas y las leyes que de ellas emanan, los municipios tienen señaladas diversas atribuciones en materia ambiental (Congreso de la Unión 1917).

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *La CONABIO y el CDB*. En: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/conabio_cdb.html>, última consulta: julio de 2012.
- Congreso de la Unión. 1917. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Publicada el 5 de febrero de 1917 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 15 de septiembre de 2017.

Ley Orgánica del Municipio del Estado de Zacatecas

Tiene por objeto regular el ámbito de gobierno de los municipios del estado, para la mejor ejecución y observancia de las disposiciones constitucionales relativas a su organización, administración y funcionamiento. Esta ley tiene reservadas las atribuciones que los municipios deben integrar en su propia reglamentación, incluyendo su competencia en materia ambiental (Congreso del Estado 2001).

De los 58 municipios con que cuenta el estado, hasta 2013 la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA) asesoró y capacitó en materia ambiental a 27, los cuales ya cuentan con área de ecología, así como once reglamentos en materia ambiental.

Conclusiones

Contar con un marco jurídico sólido, así como instituciones gubernamentales y una sociedad ambientalmente comprometida y participativa beneficiará al medio ambiente y a la biodiversidad de Zacatecas.

Además, es necesario contar con los medios económicos, profesionales, de infraestructura, así como con las autoridades que cumplan y hagan cumplir a cabalidad las leyes en beneficio del capital natural. En ese sentido, es indispensable dotar a las autoridades ambientales de mayor capacidad técnica, de infraestructura y de personal para que ejerzan su atribución de hacer cumplir la legislación ambiental en bien de la sociedad y su medio ambiente.

- . 1931. *Código Penal Federal*. Publicado el 14 de agosto de 1931 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 12 de abril de 2019.
- . 1992. *Ley Agraria*. Publicada el 26 de febrero de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 25 de junio de 2018.
- Congreso del Estado. 1986. *Código Penal para el Estado de Zacatecas*. Publicado el 17 de mayo de 1986 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 29 de agosto de 2018.

- . 1998. *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Zacatecas*. Publicada el 11 de julio de 1998 en el Suplemento del Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 7 de julio de 2018.
- . 2001. *Ley Orgánica del Municipio del Estado de Zacatecas*. Publicada el 14 de septiembre de 2001 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 4 de julio de 2018.
- . 2006. *Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Zacatecas*. Publicada el 28 de octubre de 2006 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 10 de enero de 2018.
- . 2007. *Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas*. Publicada el 31 de marzo de 2007 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 10 de enero de 2018.
- . 2009a. *Reglamento de certificación ambiental en el estado de Zacatecas*. Publicado el 14 de marzo de 2009 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2014.
- . 2009b. *Reglamento en materia de impacto ambiental en el estado de Zacatecas*. Publicado el 14 de marzo de 2009 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2014.
- . 2010. *Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas*. Publicada el 16 de octubre de 2010 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 23 de marzo de 2013.
- . 2011. *Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas en materia de verificación vehicular*. Publicado el 30 de noviembre de 2011 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2014.
- . 2015. *Ley del Cambio Climático para el Estado de Zacatecas y Municipios*. Publicada el 23 de septiembre de 2015 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 4 de mayo de 2018.
- . 2016a. *Ley para el Bienestar y Protección de los Animales en el Estado de Zacatecas*. Publicada el 24 de agosto de 2016 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 22 de abril de 2017.
- . 2016b. *Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas*. Publicada el 30 de noviembre de 2016 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 20 de junio de 2018.
- Gobierno del Estado. 2010. *Plan estatal de desarrollo 2011-2016*. En: <http://upla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2014/03/PED_1.pdf>, última consulta: agosto de 2016.
- . 2017. *Plan estatal de desarrollo 2017-2021*. En: <<http://upla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2017/PED%202017-2021/PED%202017-2021.pdf>>, última consulta: junio de 2017.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. *Ley de Aguas Nacionales*. Publicada el 1 de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de marzo de 2016.
- SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. *Ley General de 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. 1997. *Norma Oficial Mexicana NOM-007-SEMARNAT-1997*. Publicada el 30 de mayo de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 1999. *Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999*. Publicada el 27 de octubre de 1999 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2000a. *Ley General de Vida Silvestre*. Publicada el 3 de julio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de enero de 2018.
- . 2000b. *Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000*. Publicada el 20 de marzo de 2001 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2003a. *Acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la ratificación de las mismas previa a su revisión quinquenal*. Publicado el 23 de abril de 2003 en el Diario Oficial de la Federación.
- . 2003b. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Publicada el 25 de febrero de 2003 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de enero de 2017.
- . 2006. *Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006*. Publicada el 17 de octubre de 2008 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2010a. *Norma Oficial Mexicana NOM-013-SEMARNAT-2010*. Publicada el 6 de noviembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2010b. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2018. *Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017*. Publicada el 22 de marzo de 2018 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Estructura orgánica gubernamental

Rodolfo Esteban González Parga

En Zacatecas, como en el resto del país, la gestión de la biodiversidad, y en general la gestión ambiental, implica no solo la creación de un marco jurídico debidamente fundado, promovido y expedido por la autoridad competente, sino también la existencia de instituciones dotadas de atribuciones suficientes para resguardar su observancia y aplicación, con el fin de asegurar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad y los recursos naturales a nivel local.

Al igual que ocurre con la normatividad, la estructura gubernamental se organiza en los ámbitos federal, estatal y municipal, los cuales difieren en sus atribuciones y capacidades de acuerdo con las leyes y reglamentos que los originan.

A continuación se describen las entidades gubernamentales presentes en Zacatecas de los tres niveles de gobierno en materia de medio ambiente y biodiversidad.

Sector ambiental federal

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Es una secretaría del Poder Ejecutivo Federal que se constituye con base en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y cuyas atribuciones se establecen en el artículo 32 bis, así como en las facultades que le conceden las leyes y reglamentos del sector ambiental. Para su funcionamiento como cabeza del sector, cuenta con una delegación en cada entidad federativa. Su principal función es “fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable” (Congreso de la Unión 1976).

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

Es un órgano desconcentrado de la SEMARNAT. Sus atribuciones se encuentran establecidas en el reglamento interior de la Secretaría y su principal función es vigilar y evaluar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables en la prevención y control de la contaminación ambiental, la restauración de los recursos naturales, la preservación y protección de los recursos forestales, de vida silvestre, de áreas naturales protegidas, entre otros, así como en materia de impacto ambiental, ordenamiento ecológico de competencia federal y descargas de aguas residuales en cuerpos de aguas nacionales (SEMARNAT 2000).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Es un órgano desconcentrado de la SEMARNAT encargado de la administración de las áreas naturales protegidas (ANP), uno de los esquemas de conservación de mayor alcance en México, así como de los programas de desarrollo regional sustentable (PRODERS), cuyo propósito es reducir la pobreza y la marginación de comunidades rurales e indígenas presentes en las ANP y en las regiones PRODERS. Zacatecas tiene varias de estas regiones, como las sierras Fría y de Valparaíso, además del desierto zacatecano.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Es un organismo público descentralizado de la SEMARNAT creado por decreto presidencial, cuyo objeto es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes, programas, y en la

González Parga, R.E. 2020. Estructura orgánica gubernamental. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 99-101.

aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable (SEMARNAT 2001).

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

Es un órgano administrativo desconcentrado de la SEMARNAT; su función se relaciona con la gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes. Posee autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, y es la responsable de aplicar la Ley de Aguas Nacionales (SARH 1992).

Sector ambiental estatal

Secretaría de Agua y Medio Ambiente (SAMA)

Es una dependencia del gobierno del estado creada por la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas (artículo 22, fracción VII) y publicada en el Periódico Oficial el sábado 8 de agosto del 2012 (ahora abrogada; Congreso del Estado 2016). Esta dependencia se formó a partir de la fusión del Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas (IEMAZ) y la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado (CEAPA).

La SAMA es la encargada de definir las políticas de protección, restitución y conservación del medio ambiente en la entidad al fomentar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de la prevención y disminución de la contaminación ambiental de conformidad con las estrategias de planeación ambiental, así como formular y proponer para su análisis la política y el programa estatal en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Congreso de la Unión 1976).

Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas

Creada el 31 de diciembre de 2016 por el Gobernador del Estado, es un órgano desconcentrado de la SAMA que tiene por objeto vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental del estado, así

como sancionar a los infractores mediante los instrumentos de inspección y vigilancia, para lograr una armónica y sana relación sustentable entre los habitantes de la entidad y su entorno (Congreso del Estado 2016).

Sector ambiental municipal

Departamentos de ecología de los municipios

Los municipios, a quienes las diversas leyes les reservan atribuciones en materia ambiental, deben contar con una unidad o departamento de ecología que se encargue de formular y conducir la política ambiental en su territorio, así como de aplicar los instrumentos de política ambiental previstos en las disposiciones legales aplicables para la protección al ambiente en bienes y zonas de jurisdicción municipal, en materias que no estén expresamente atribuidas a la federación o al estado (Congreso del Estado 2001).

Conclusiones

En Zacatecas la gestión de la biodiversidad enfrenta importantes retos. Por ejemplo, el poco conocimiento que aún se tiene de la diversidad biológica implica la necesidad de que se fomente la investigación y la creación de redes de trabajo entre sociedad y gobierno para promover el uso adecuado y difusión de la información. Por su parte, las mínimas bases legales hasta ahora existentes y sobre todo el poco desarrollo de la estructura orgánica gubernamental en la materia, tanto a nivel estatal como municipal, demanda su reforzamiento con personal capacitado e infraestructura para hacer cumplir la legislación ambiental conducente a lo largo y ancho del territorio estatal.

El fortalecimiento institucional permitirá tener la capacidad para elaborar un programa de conservación, difusión y protección de los recursos naturales del estado, o de diseñar y atender una agenda estatal de biodiversidad capaz de coordinar los esfuerzos de investigación, conservación y difusión.

Referencias

- Congreso de la Unión. 1976. *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*. Publicada el 29 de diciembre de 1976 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de mayo de 2017.
- Congreso del Estado. 2001. *Ley Orgánica del Municipio del Estado de Zacatecas*. Publicada el 14 de septiembre de 2001 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 3 de diciembre de 2016.
- . 2016. *Decreto por el que se crea la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas*. Publicado el 31 de diciembre de 2016 en el Periódico Oficial del Estado. Texto vigente
- . 2016. *Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas*. Publicada el 30 de noviembre de 2016 en el Periódico Oficial del Estado. Texto vigente.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. *Ley de Aguas Nacionales*. Publicada el 1 de diciembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de marzo de 2016.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. *Reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Publicado el 5 de junio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de agosto de 2009.
- . 2001. *Decreto por el que se crea la Comisión Nacional Forestal*. Publicado el 4 de abril de 2001 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección III

BIODIVERSIDAD

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Biodiversidad

Daniel Hernández Ramírez

Zacatecas es uno de los estados menos estudiados en el tema de biodiversidad, lo que ha creado la falsa percepción de que biológicamente es poco diverso: por un lado la mayoría de los municipios carecen de listados de especies de flora y fauna, pero es aún más marcada la ausencia de conocimiento sobre las tendencias poblacionales.

Cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 7.5 millones de hectáreas (octavo lugar a nivel nacional). Sus interacciones bióticas favorecen cinco tipos de ecosistemas: matorral xerófilo, pastizal, bosque templado, selva seca y, en menor proporción, aunque no menos importante, la vegetación de galería. Cada uno mantiene características propias de considerable biodiversidad, no solo en cuanto al número de especies, sino también por las interacciones biológicas. En dichas interacciones se dan condiciones peculiares, como las islas serranas o *sky islands*, sitios homogéneos de vegetación, de clima templado-frío, que datan de hace 2.6 millones de años y cuya biodiversidad quedó confinada a las partes altas de las montañas de la Sierra Madre Occidental por el retroceso de los glaciares; estas condiciones de aislamiento ambiental son un componente importante de la biodiversidad zacatecana, por lo que deben considerarse en las estrategias de conservación.

En el grupo de hongos se reconocen 156 especies (144 identificadas), la mayoría macroscópicos e importantes para el flujo de materia y energía de los ecosistemas, especialmente en bosques templados de pino y encino. Sin embargo, la deforestación, los incendios, la contaminación y la actividad agropecuaria inadecuada las vulneran, inclusive antes de conocer o determinar su función

ambiental. Por lo anterior, cuatro especies están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Boletus edulis*, *Amanita muscaria* y *Hygrophorus russula* como amenazadas (A) y *Psilocybe cordispora* sujeta a protección especial (Pr); este listado puede incrementarse en la medida en que se abunde en el conocimiento.

Las plantas han sido estudiadas por su estrecha relación con el humano, ya sea como medicinal o como maleza. Se han analizado ciertos grupos por encontrarse en áreas naturales protegidas, como el Parque Nacional Sierra de Órganos (PNSO), el cerro de Piñones y la sierra de Morones (CADNR 043). En conjunto, para todo el estado se contabilizan 2 683 especies, incluidas briofitas, pteridofitas, gimnospermas y angiospermas; cabe destacar que algunas familias han sido estudiadas ampliamente, como las gramíneas y las asteráceas.

Con respecto a las pteridofitas (helechos y sus parientes, que abarcan licopodios, selagineas, equisetos o colas de caballo), se registran alrededor de 71 especies, mismas que resultan vulnerables por la destrucción de su hábitat y la comercialización descontrolada como remedio medicinal y de ornato; en este sentido, se sugieren mecanismos de venta controlada e inclusión de especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por su parte, las gimnospermas o coníferas suman a la fecha un total de 32 especies, algunas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como *Pinus duranguensis*, *P. cembroides*, *P. strobiformis* y *Pseudotsuga menziesii*, catalogados como sujetos a protección especial (Pr); mientras el pino blanco (*Pinus pincheana*) y el pino azul (*P. maximartinezii*) están en peligro de extinción (P). Las amenazas

Hernández-Ramírez, D. 2020. Resumen ejecutivo. Biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 104-109.

hacia el grupo de coníferas giran en torno a incendios forestales, tala ilegal, sobrepastoreo y plaga del gusano descortezador.

En cuanto a las angiospermas o plantas con flor se tiene un registro de 2 443 especies; al menos 24 están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Litsea glaucescens* (laurel silvestre) y *Hymenocallis concinna* en peligro de extinción (E); *Glandulicactus uncinatus uncinatus*, *Sideroxylon capiri*, *Hesperalbizia occidentalis*, *Trifolium wormskioldii*, *Dasyilirion acrotriche* (sotol) y *Tabebuia chrysantha* como amenazadas (A); y 16 están sujetas a protección especial (Pr).

Es necesario realizar estudios sistematizados y puntuales con gimnospermas y angiospermas, similares a los hechos con la flora de la presa San Pedro Piedra Gorda, municipio de Ciudad Cuauhtémoc. La generación de este tipo de conocimiento puede redituar en propuestas de conservación y aprovechamiento. Por ejemplo, el *Agave salmiana crassispina* y el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) presentan una dominancia y una abundancia relativa altas, aún así se requiere poner atención a las autorizaciones de aprovechamiento, ya que de haber omisiones, se corre el riesgo de alguna eventualidad a escala local.

Como parte de los análisis a la biodiversidad de Zacatecas se presentan grupos hasta ahora poco estudiados: los rotíferos (con un total de 48 especies para el estado), los cladóceros o pulgas de agua (41 especies) y los copépodos (33 especies). Cada uno de estos grupos tiene un nivel de importancia en la red trófica de cuerpos de agua dulce, son excelentes bioindicadores de la calidad del agua e, inclusive, mediante el uso de rotíferos se pueden medir variaciones climáticas durante periodos largos de tiempo. Puesto que hay zonas en la entidad que aún no han sido exploradas se considera que hay un elevado potencial de incrementar el número de especies nuevas. Asimismo, se abre una opción productiva al considerar su aprovechamiento como alimento vivo para peces. Sin embargo, es necesario conocer variantes como diversidad y abundancia (en función a estaciones

del año y regiones), así como sus amenazas (p.e. destrucción y modificación del hábitat).

Otro grupo poco estudiado son los metazoarios parásitos de vertebrados. El análisis realizado arroja un total de 24 especies entre las que se encuentran gusanos planos, gusanos redondos, anélidos y ácaros. Es una clara muestra de que, si bien se ignora gran parte de la biodiversidad estatal, el desconocimiento es aún mayor en lo que respecta a las interacciones entre parásitos y vertebrados. En esta sección se presenta la relación entre metazoarios parásitos con especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces dulceacuícolas; de ahí se desprende el valor del análisis para determinar el uso, manejo y conservación de la biodiversidad, sin dejar de mencionar elementos sanitarios para el control de enfermedades propias de la fauna silvestre de Zacatecas.

Un grupo presente es el que conforman los insectos; complejos en forma y color, altamente diversos, abundantes en prácticamente todos los ecosistemas y tipos de hábitat. En Zacatecas abundan escarabajos, moscas, mosquitos, abejas, avispa y hormigas; en conjunto se registraron 193 especies (152 identificadas). Un enfoque local del análisis consiste en la relación entre insectos y cultivos, tal es el caso de plagas de chapulines y palomillas nocturnas en Fresnillo, donde esta convivencia es considerada negativa porque afecta al ser humano en los cultivos de pastos (cultivos forrajeros), frutales (durazno y manzano), frijol, hortalizas y maíz.

Por otra parte, se han iniciado diversas investigaciones con mariposas diurnas y nocturnas (polillas tigre y su relación con especies del género *Pinus* spp., importantes como elemento en las redes alimenticias y como vector de polinización), y hormigas (de las cuales se reconocen 19 especies pertenecientes a 14 géneros, todos de la familia Formicidae y cuyo estado de conservación en la entidad se desconoce). En todos los estudios se hace mención sobre la necesidad de incentivar el interés de estudiantes de diversas carreras en este grupo en específico.

Los dípteros son otro grupo de insectos importante por su papel en los ecosistemas y su relación con la salud del ser humano, como la familia Culicidae (moscas, mosquitos, tábanos, zancudos y moyotes), que engloba 11 especies de interés particular, pues incluye al mosquito *Aedes aegypti*, una especie exótica y vector del virus del dengue. Se considera que este grupo puede crecer en número de especies por la riqueza fisiográfica del estado.

A pesar de su relevancia como organismos depredadores y como componentes importantes de la dieta de mamíferos y aves, solo se han registrado tres especies de chilopodos o ciempiés en la entidad. Por ejemplo, del ciempiés tigre (*Scolopendra pachygnatha*) únicamente se sabe de su presencia en la localidad tipo, en el municipio de Mezquital del Oro; las otras dos especies cuentan con una amplia distribución. Esto pone en evidencia la falta de estudios sistematizados sobre invertebrados en general. Las amenazas más severas giran en torno a la destrucción de su hábitat, la modificación del microclima en el suelo, la remoción de sustratos y la reducción de fuentes de alimento; todas causadas por la actividad agropecuaria.

Además de identificar los vacíos en el estudio del grupo de insectos se han hecho propuestas de análisis: un enfoque innovador es el que se utiliza para reconocer la entomofauna necrófaga en el estado, gracias al cual se identificaron por lo menos 25 especies, entre ellas coleópteros, dípteros, hemípteros e himenópteros.

Otro grupo afín a los artrópodos son los arácnidos; se registran 36 especies en Zacatecas, pero cabe la posibilidad de que el número se incremente en la medida en que se enriquezcan los estudios. Adicionalmente, se contempla la posibilidad de encontrar especies endémicas por el efecto denominado “nodo pangeográfico”, que es la confluencia de tres provincias biogeográficas. A pesar de que existen huecos en el conocimiento de sus funciones ecológicas específicas, es importante reconocer los servicios ambientales que prestan al humano (por ejemplo, como depredadores de insectos nocivos) y

considerar al grupo como clave en las estrategias de conservación de biodiversidad.

En cuanto a la diversidad de vertebrados en el estado, específicamente de peces, se reportan 22 especies dulceacuícolas nativas, siete amenazadas (A) y dos en peligro de extinción (P); ninguna endémica al estado, aunque sí a las cuencas que drenan (río Aguanaval). La aplicación de nuevas técnicas de estudio, como el uso de marcadores moleculares, podría llegar a incrementar estas cifras; a la fecha hay tres posibles nuevos linajes (en la cabecera del río Mezquital, en el arroyo cerca de la comunidad de Gualterio y el tercero en el río de Medina). Un aspecto que sobresale es la pesca deportiva, porque ha tenido como consecuencia la introducción de especies exóticas (se registran 17 especies) en puntos específicos que dejan en situación de vulnerabilidad a especies nativas, aunada a la alteración del hábitat y la contaminación industrial, agrícola, ganadera y urbana.

En este orden evolutivo, el siguiente grupo abordado son los anfibios, del que se tienen contabilizadas 25 especies: 22 de ranas y sapos, y tres de salamandras, las cuales se distribuyen en lugares con cuerpos de agua. Los registros se hicieron de forma esporádica o fortuita, es decir, no se cuenta con colectas sistematizadas por tipo de ecosistema para este y otros grupos de vertebrados. No se han identificado especies endémicas a Zacatecas, aunque algunas presentan distribución restringida, como las salamandras *Ambystoma rosaceum* y *Isthmura belli*, mientras que un sapo y la rana de madriguera (*Rhinella horribilis* y *Smilisca fodiens*) encuentran su límite de distribución en el estado. Los anfibios están considerados como excelentes bioindicadores; su sensibilización a los efectos de la fragmentación y degradación del hábitat los coloca en graves problemas de conservación: ocho especies se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco sujetas a protección especial (Pr) y tres amenazadas (A); por otra parte, la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza) incluye las 25 especies en alguna categoría: dos casi amenazadas (NT),

dos con datos insuficientes (DD), tres vulnerables (VU) y el resto (18) como preocupación menor (LC).

Los efectos adversos de dichas amenazas, aunados a los provocados por el cambio climático, son compartidos con los reptiles e incluyen afectaciones en su ciclo reproductivo y en sus poblaciones. El listado que se presenta es la base para llenar vacíos de información en dos regiones prioritarias: los límites con Nayarit, Jalisco y Durango (véanse “Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado” y “Diversidad de anfibios y reptiles de la sierra de Valparaíso” en esta misma obra) y la frontera árida con el estado de San Luis Potosí. En total hay 108 especies de reptiles registradas (12.5% del total nacional). Cabe señalar que 52 de estas especies (42.2%) son endémicas del país y que se carece de registro de especies endémicas para el estado.

Todas las especies de reptiles presentes en la entidad están incluidas en alguna categoría de protección nacional o internacional; sin embargo, con las actuales modificaciones taxonómicas varias especies quedaron fuera, por lo que es necesaria una actualización constante. Esto se muestra en el estudio herpetofaunístico de la región prioritaria cerro Gordo y cerro Colorado, que identifica inconsistencias relevantes en los estatus de conservación nacional e internacional, lo que puede resultar en errores al aplicar esquemas de protección a gran escala (nacional o global) de manera local.

Los estudios sobre serpientes venenosas, específicamente los desarrollados en el municipio de Atolinga, reflejan la necesidad de evaluar las poblaciones de cada especie, ya que gozan de protección pero se desconoce la cantidad y distribución. Por otra parte, los problemas que provocan la cacería indiscriminada y el atropellamiento en carreteras, hace necesario aportar elementos para implementar políticas de conservación encaminadas no solo a la conservación de las especies, sino del hábitat.

Las aves son otro excelente indicador de calidad ambiental (p.e. el búho de campanario *Tyto furcata* y la lechuza de pozo *Athene cunicularia*), aunque Zacatecas está considerado de baja diversidad. Al igual que para otros grupos, los listados de aves

datan de 1879 a 1960, después de estas fechas los estudios fueron esporádicos y enfocados en especies con algún riesgo global, de ornato o para describir aspectos ecológicos o evolutivos. El total de especies identificadas es de 353 (31% de la avifauna nacional); cinco son introducidas. Existe una elevada variabilidad de especies según la estación del año. El análisis de endemismos refiere 16 especies endémicas de México; se desconoce hasta el momento algún endemismo zacatecano, aunque destaca el registro del gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) por tratarse de una especie endémica de la región del Altiplano. En cuanto a su estado de conservación, 72 especies (20%) están bajo algún estatus de protección, ya sea en la NOM-059 (38 especies), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES; 53 especies) o en la Lista Roja de la UICN (11 especies); esto refleja claramente un alto número de poblaciones de aves que necesitan acciones eficaces para su conservación, manejo y aprovechamiento sostenible.

Dos de las principales amenazas que enfrentan las aves zacatecanas son el cambio de uso de suelo y la deforestación, particularmente en el bosque de coníferas y encinos y el bosque tropical caducifolio, por lo que se propone renovar el sistema estatal de áreas naturales protegidas, específicamente las de interés para la conservación de aves silvestres (AICA), en donde se observa un desfase de sitios de presencia, abundancia y posible endemismo de aves, con los lugares destinados a la conservación. Esto sucede con las aves del municipio de Nochistlán de Mejía, que cuenta con nuevos registros de guacamaya verde (*Ara militaris*); el águila real (*Aquila chrysaetos*), de la que se cree que Zacatecas pudiera ser un reservorio genético; y el trogón orejón (*Euptilotis neoxenus*, especie endémica y amenazada), que deja de manifiesto lo importante del cúmulo de interacciones dentro del sistema de vegetación de bosques de encino y chaparral. Se menciona también la importancia de la vinculación social con la conservación de las especies y sus ecosistemas.

En lo que respecta a la presencia de mamíferos, en el estado se registran 123 especies: 52 (42%) son roedores, 41 (33%) murciélagos y 17 (14%) carnívoros. A su vez, 10 se encuentran catalogadas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010: seis como amenazadas (A), tres en peligro de extinción (P) y una sujeta a protección especial (Pr). Para la UICN, tres especies se encuentran en peligro (EN), siete casi amenazadas (NT) y dos vulnerables (VU), 108 con preocupación menor (LC), una con datos insuficientes (DD) y solo dos no están consideradas. Se plantea que la complejidad en la diversidad de mamíferos es la respuesta a la combinación de mastofauna neártica y neotropical, por lo que se dice que Zacatecas es un ecotono zoogeográfico. Cabe mencionar que en esta sección se cuenta con un análisis de la riqueza de mamíferos para la mayoría de los municipios del estado (46 de los 58); de ahí se desprende que Villa de Cos, Fresnillo, Sombrerete y Mazapil son los municipios que registran el mayor número de especies. La mayoría de los registros están asociados a carreteras, por lo que se necesita ampliar y homogeneizar para evitar sesgos de muestreo.

Los mamíferos en Zacatecas pasan por una presión derivada de actividades humanas, como la reducción de áreas disponibles por la actividad minera o el incremento de acciones agropecuarias, principalmente en zonas de matorral xerófilo. En este sentido, se habla del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*), cuyas poblaciones naturales se encontraban en el siglo pasado cercanas a la extinción, pero gracias a procesos de reintroducción, a partir de 2010, se ha observado un incremento de individuos, así como de madrigueras en el norte del estado, con lo que se demuestra una franca recuperación de la especie y de algunas otras que mantienen estrecha relación trófica.

Un aspecto importante y de reciente abordaje son los estudios de diversidad genética. En el estado hay un vacío de información referente a la biología y genética de las especies, no solo de aquellas prioritarias o sujetas a protección para la conservación,

sino de todas en general. Se presentan algunos casos de especies estudiadas bajo este enfoque, como el pino azul (*Pinus maximartinezii*), el pato triguero (*Anas platyrhynchos*), las guayabas comunes (*Psidium guajava*) y el chile poblano (*Capsicum annum*). Nuevamente se acentúa la necesidad de difundir el tema y su importancia, además de resaltar su relación con la conservación de la biodiversidad.

Los estudios de biodiversidad en Zacatecas están encabezados por tres instituciones primordiales, la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ); la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por medio del Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN), y el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Adicionalmente existen otras instituciones que, aunque no tienen entre sus objetivos generar información, cuentan con acervos que contribuyen al conocimiento de la diversidad en la entidad, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), ambas a nivel federal; y la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA) a nivel estatal. Asimismo, el estado cuenta con 161 investigadores reconocidos por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), de los cuales siete dedican su trabajo al estudio de aspectos relacionados con seres vivos, en su mayoría con producción o medicina humana; ninguno con biodiversidad, propiamente.

La escasa asignación de recursos a estudios relacionados con biodiversidad es un fenómeno marcado, porque hay pocos investigadores en esta área de ciencias biológicas y porque hay un mínimo de solicitudes de medios económicos y financiamientos plenamente justificados, debido a que se carece de instituciones académicas o gubernamentales con líneas de investigación hacia estas áreas del conocimiento.

En conclusión, se debe fomentar la participación de distintos sectores, como el académico, el privado, el gubernamental y la sociedad en general para generar estrategias encaminadas al uso,

conocimiento y conservación de la biodiversidad; además, es necesario difundir y conservar los escenarios naturales en el estado a través del desarrollo de líneas de investigación, la definición de áreas de interés para la conservación, la recreación y la continuidad de los programas de reintroducción de especies nativas. Todas estas acciones se pueden

implementar a través de una entidad gubernamental especializada en materia de biodiversidad (como una comisión estatal para la biodiversidad), con carácter autónomo y presupuesto propio, que sirva de interlocutor entre sociedad, academia, empresa y gobierno, y cuya finalidad sea un mejor esquema del uso sustentable del capital natural del estado.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Ecosistemas terrestres

Fabián Fernández Candelas • Daniel Hernández Ramírez

Los ecosistemas son el resultado de factores ambientales, como el relieve, el clima, el tipo de suelo y la disponibilidad de agua, que interactúan con la vegetación y la fauna de cada lugar. Como resultado de esa interacción los ecosistemas otorgan calidad de agua y atmosférica, control de los ciclos hidrológicos, reducción de riesgos por inundación y sequía, regulación de la fertilidad del suelo, polinización, suministro de alimentos, entre otros (SAMA 2013).

El concepto de ecosistema puede caracterizarse con base en las formaciones o tipos de vegetación, como el matorral, bosque de pino y pastizal (CONABIO 2016a). Con ese criterio se presenta la revisión de la diversidad de los ecosistemas en la entidad.

Tipos de ecosistemas

Zacatecas ocupa el octavo lugar a nivel nacional en cuanto a extensión territorial (poco más de 7.5 millones de hectáreas); la superficie forestal es de 5 297 millones de hectáreas, equivalente a 70.6% del territorio estatal (Bazaldúa-Piña 2009).

Los principales ecosistemas que integran la superficie forestal son: matorral xerófilo (51.2%), pastizal (15.7%), bosque de clima templado (19.7%), selvas secas (6.3%), otros usos (7.1%; figura 1, cuadro 1).

Matorral xerófilo

Descripción

Este ecosistema está presente en 30% del territorio nacional. Se caracteriza por poseer un clima seco con lluvias escasas (igual o menor a 700 mm anuales) en el que predominan arbustos de altura inferior a 4 m. En Zacatecas se reconocen cuatro subtipos de matorral según las especies que son más comunes o dominantes: matorral micrófilo de gobernadora (*Larrea tridentata*); matorral rosetófilo, donde predominan diferentes especies de magueyes y palmas de desierto (*Agave* spp. y *Yucca* spp.; figura 2); matorral crasicau-le con plantas crasas como nopales (*Opuntia* spp.), biznagas (*Stenocereus* spp.) y cactus columnares (*Myrtillocactus* sp.), y matorral espinoso de huizaches (*Acacia* spp.), mezquites (*Prosopis* spp.) y uña de gato (*Mimosa* spp.).

Cuadro 1. Ecosistemas terrestres, superficie y porcentaje que representa con respecto al territorio estatal total.

Ecosistemas	Superficie (miles de ha)	Porcentaje con respecto al territorio estatal*
Matorral xerófilo	2 712 644.77	51.21
Pastizal	830 307.78	15.67
Bosque templado	1 041 895.89	19.67
Bosque de galería y vegetación riparia	1 059.52	0.02
Selva seca	334 423.81	6.31
Otros usos	377 268.34	7.12
Total	5 297 600.11	100.00

* No están consideradas las zonas urbanas y zonas no forestales.

Fuente: SAMA 2013.

Fernández-Candelas, F. y D. Hernández-Ramírez. 2020. Ecosistemas terrestres. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 110-124.

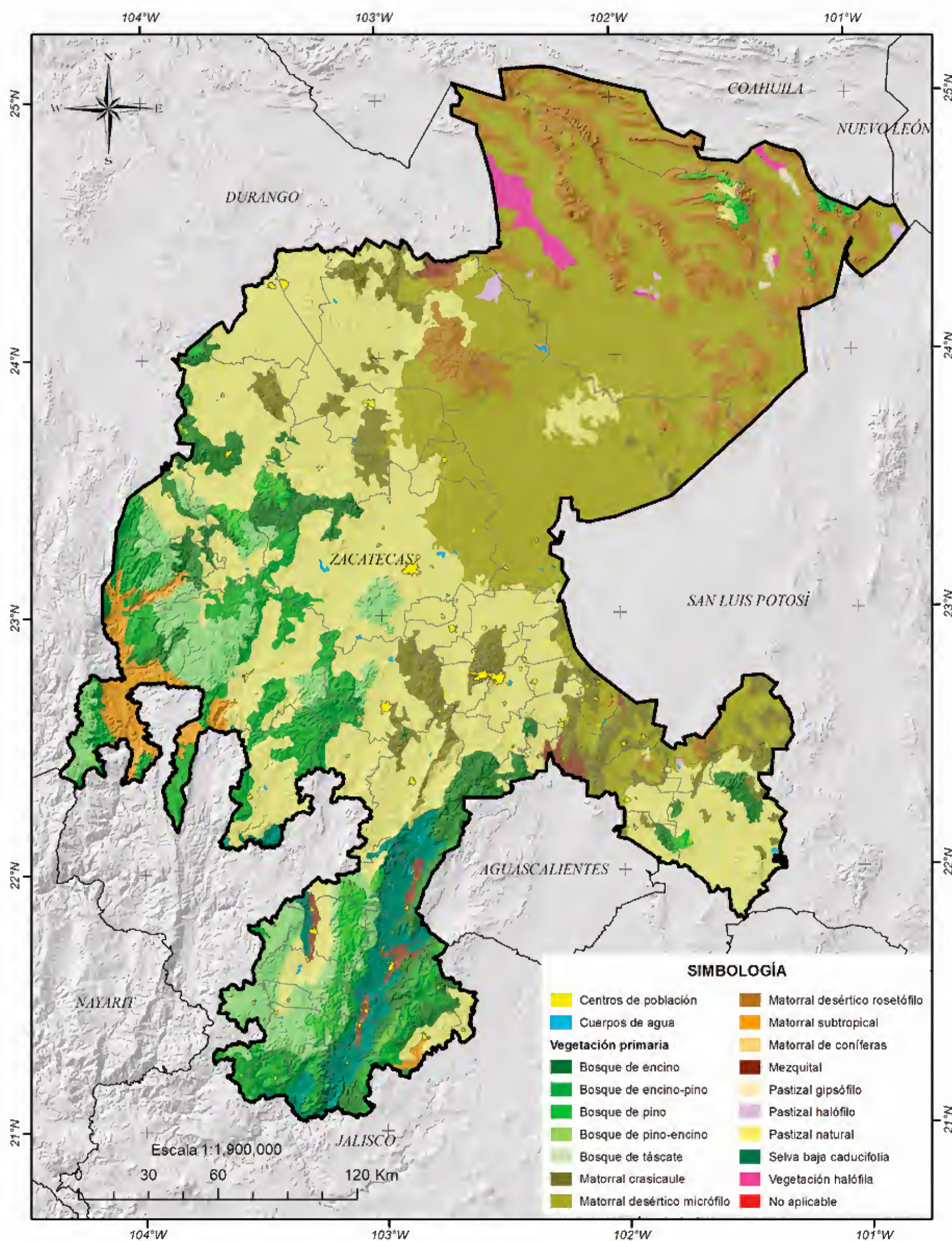


Figura 1. Ecosistemas terrestres. Fuente: SEMARNAT 2014.



Figura 2. Matorral xerófilo de *Larrea* sp. y *Yucca* sp. en el municipio de Mazapil. Foto: Fabián Fernández Candelas.

Distribución

Este ecosistema se localiza desde el nivel del mar hasta los 3 mil metros sobre el nivel del mar; en el estado predomina en el norte. Los municipios que contienen mayor superficie de matorral son: Melchor Ocampo, El Salvador, Mazapil, Concepción del Oro, Villa de Cos, Pinos, General Francisco R. Murguía, General Pánfilo Natera, Villa Hidalgo, General Felipe Ángeles y Villa González Ortega. Sin embargo, existen algunos otros que pueden contenerlo en menor superficie (SAMA 2013).

Flora y fauna

Se han reportado por lo menos 467 especies de flora fanerogámica, entre las que se encuentran representadas 48 familias; 43 de estas presentan cinco especies o menos. La familia Asteraceae (compuestas) está representada por 204 especies (43% del total); le siguen en orden de riqueza de especies la Poaceae (gramíneas) con 91 (19.4%), Cactaceae (nopales y biznagas) con 50 (10.7%),

Fabaceae (como el huizache y mezquite) con 22 (4.7%) y Agavaceae (palmas chinas, magueyes y lechuguillas) con 11 (2.3%; SEMARNAT 2014).

Las especies de flora y fauna más comunes en los matorrales, así como las más representativas que se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se enlistan en el cuadro 2.

Servicios ambientales

Entre los servicios ambientales que prestan están la regulación o control de la erosión, la aportación de nutrientes al suelo, la producción de alimentos, polinización, control biológico, hábitat, refugio y criadero de especies endémicas.

Además, sirven de forraje como la engordacabras (*Dalea bicolor*); combustible, como la leña de mezquites y huizaches (*Prosopis* spp., *Acacia* spp.); textil, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*); medicinal, como la gobernadora (*Larrea tridentata*) y ornamental con alto potencial económico, tales como ciertas biznagas (cactáceas).

Asimismo, proporcionan soporte para actividades culturales, científicas, educativas y de alto valor estético (CONABIO 2016b).

Amenazas

El sobrepastoreo es una de las principales causas de deterioro, ya que ocasiona desertificación, es decir, pérdida de la vegetación, compactación y erosión del suelo. Otros factores importantes son el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios, la minería y el crecimiento urbano.

Una de las más notables amenazas es la extracción sin control de especies maderables y no maderables para materia prima industrial; por ejemplo, para la elaboración de cera, la planta de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) se destruye en su totalidad. Además, aún existe la cacería ilegal y descontrolada de algunas especies de fauna, especialmente del venado cola blanca, además de liebres, conejos, serpientes de cascabel y jabalís de collar, lo que está repercutiendo en la reducción

de las poblaciones silvestres (Granados-Sánchez *et al.* 2011; CONABIO 2016b).

Estado de conservación

El estado de conservación de los matorrales en la región norte del estado es de regular a bueno, debido principalmente a la baja densidad de la población humana y a las condiciones de aridez, que no han permitido el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas extensas. No obstante, Zacatecas se encuentra entre las ocho entidades cuya superficie presenta algún grado de erosión en más de 80% de su territorio (SAMA 2013).

Los procesos de degradación se relacionan directamente con las actividades económicas, como la ganadería extensiva que provoca erosión eólica, erosión hídrica, degradación física y degradación química. Se calcula que en el Altiplano potosino-zacatecano la pérdida de suelo puede llegar hasta las 300 toneladas por hectárea por año (SAMA 2013).

Cuadro 2. Especies comunes del matorral xerófilo que están bajo alguna categoría de protección en la NOM-059.

Grupo biológico	Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Flora	Biznaga barril de lima	<i>Ferocactus pilosus</i>	Pr
	Biznaga tonel grande	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Pr
	Biznaga partida de Poselger	<i>Coryphantha poselgeriana</i>	A
	Peyote cimarrón o chaute	<i>Ariocarpus retusus</i>	Pr
	Huevo de venado	<i>Peniocereus greggi</i>	Pr
	Biznaga ganchuda	<i>Glandulicactus uncinatus</i> subsp. <i>uncinatus</i> (sinónimo: <i>Hamatocactus uncinatus</i>)	A
	Peyote	<i>Lophophora williamsii</i>	Pr
Fauna	Alicante	<i>Pituophis deppei</i>	A
	Víboras de cascabel	<i>Crotalus atrox</i> , <i>C. lepidus</i> , <i>C. molossus</i> y <i>C. scutulatus</i>	Pr
	Codorniz Moctezuma	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Pr
	Halcón mexicano	<i>Falco mexicanus</i>	A
	Aguililla de Harris	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Pr
	Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	A
	Liebre cola negra	<i>Lepus californicus</i>	Pr
	Tejón o tlacoyote	<i>Taxidea taxus</i>	A
	Zorra nortea	<i>Vulpes macrotis</i>	A

Pr: protección especial; A: amenazada.

Fuente: SEMARNAT 2010.

Cabe subrayar que el impacto de la minería es significativo, pero se encuentra restringido a ciertas áreas y el nivel de degradación no es homogéneo (SAMA 2013).

Bosques templados

Descripción

Este ecosistema incluye a los bosques de pinos (*Pinus* spp.), cedros (*Cupressus* sp.), táscales (*Juniperus* sp.), bosques de encino (*Quercus* sp.; figura 3) y mixtos de encino-pino. Están dominados por árboles altos, principalmente pinos y encinos acompañados por otras varias especies que se desarrollan en zonas montañosas de clima templado a frío. México contiene 50% (50 especies) de las especies de pinos del mundo y cerca de 33% (200 especies) de encinos (CONABIO 2016c).

Distribución

Actualmente ocupan 16% del territorio mexicano (3 233 km²) y 19.7% de la cobertura forestal en el estado. Se distribuyen en altitudes de entre 2 000 y 3 400 msnm, principalmente a lo largo de las sierras Madre Occidental y Oriental, sierra Fría y sierra de Morones, en los municipios de Jiménez del Teúl, Sombrerete, Valparaíso, Monte Escobedo, Jerez, Atolinga, Susticacán, Tepetongo,



Figura 3. Bosque templado de *Quercus* spp. en el municipio de Monte Escobedo. Foto: Fabián Fernández Candelas.

Tlaltenango, Teúl de González Ortega, Florencia de Benito Juárez, Moyahua, Nochistlán de Mejía, Juchipila, Villanueva, Genaro Codina, Mazapil, El Salvador y Concepción del Oro (SAMA 2013).

Flora y fauna

En los trabajos hechos por Sánchez-Velázquez y colaboradores (2008), CONABIO (2016c) y Rzedowski (2006), se menciona que hay una gran diversidad de árboles, aunque dominan las especies de pinos y encinos. Otros comunes son los cedros y madroños (*Arbutus* spp.). Las especies de flora y fauna nativas, así como las más representativas que se encuentran en alguna categoría de riesgo se mencionan en el cuadro 3.

En el estado se registran especies de pinos muy raras y en peligro de extinción, como el pino azul (*P. maximartinezii*), el pino piñonero triste (*P. pinceana*) y el pino enano (*P. cembroides* var. *bicolor*). La primera especie se localiza en una pequeña zona de las montañas de Juchipila, Moyahua y Santa María de la Paz, y las otras dos en las montañas de Mazapil y Concepción del Oro.

Las epífitas no son comunes; sin embargo, se pueden observar algunas bromelias, como el heno (*Tillandsia usneoides*) y la orquídea flor de mayo (*Laelia speciosa*), que se desarrollan en ramas de pinos y encinos sobre todo en sitios muy húmedos (CONABIO 2016f). Estos ecosistemas son ricos en especies de hongos, como el de borrego (*Russula brevipes*), de yema (*Amanita caesarea*), matamoscas (*Amanita muscaria*), cemita (*Boletus edulis*) y duraznillo (*Cantharellus cibarius*; Acosta y Guzmán 1984).

Las especies más comunes de fauna son el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el puma (*Puma concolor*) y las serpientes de cascabel (*Crotalus lepidus*, *C. molossus*, *C. pricei*); además de ciertas aves, como el azulejo garganta azul (*Sialia mexicana*), el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) y la cotorra serrana de la Sierra Madre Oriental (*Rhynchopsitta terrisi*; Gómez-Garza 2014).

Cuadro 3. Especies comunes en bosque templado que se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059.

Grupo biológico	Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Hongos	Matamoscas	<i>Amanita muscaria</i>	A
	Cemita	<i>Boletus edulis</i>	A
Flora	Pino azul	<i>Pinus maximartinezii</i>	P
	Pino piñonero triste	<i>P. pinceana</i>	P
	Pino enano	<i>P. cembroides</i> var. <i>bicolor</i> (sinónimo: <i>Pinus johannis</i>)	Pr
	Manzanita	<i>Acrostaphylos pungens</i>	Pr
	Laurel	<i>Litsea glaucescens</i>	P
Fauna	Serpiente de cascabel	<i>Crotalus lepidus</i>	Pr
	Cascabel cola negra	<i>Crotalus molossus</i>	Pr
	Águila real	<i>Aquila chrysaetos</i>	A
	Gavilán pecho rojo	<i>Accipiter striatus</i>	Pr
	Cotorra serrana occidental	<i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>	P
	Cotorra serrana de la Sierra Madre Oriental	<i>R. terrisi</i>	P

Pr: protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción.

Fuente: SEMARNAT 2010.

Servicios ambientales

Este ecosistema, distribuido de manera importante a lo largo de la Sierra Madre Occidental, posee un gran valor económico y ambiental debido a la captación de agua, que sirve para abastecer a una amplia zona en el noroeste de México (González-Elizondo *et al.* 2012).

En grandes extensiones la erosión logra disminuirse al reducir la velocidad del flujo de agua y sujetar la tierra, con lo que se aminora el riesgo de inundaciones. Asimismo, estos lugares ofrecen hábitat a gran variedad de seres vivos, además de que proveen diversos productos, de los cuales la madera es muy importante en términos económicos (Sánchez-Velázquez *et al.* 2008).

Amenazas

El principal impacto es la tala de grandes extensiones para el desarrollo de la agricultura, industria maderera, minería, obtención del ocote, así como el pastoreo extensivo. Este ecosistema es afectado por incendios forestales, plagas y enfermedades, cacería y tráfico ilegal de fauna y madera.

En el periodo 2000-2011, el promedio de superficie afectada por incendios en el estado fue de 10 175.90 ha/año, con lo que se contribuye a la pérdida de biodiversidad, baja captura de dióxido de carbono, pérdida de suelo, baja captación de agua y, a mayor escala, al calentamiento global (Martínez *et al.* 2013).

En el periodo 1990-2012 se afectaron 886 ha/año por presencia de plagas. Las principales especies afectadas en el bosque de clima templado frío del estado son *Pinus michoacana*, *P. teocote* y *P. lumholtzii*, dañadas por insectos descortezadores (*Dendroctonus mexicanus*), mientras que las especies de *Quercus macrophylla* y *Q. laurina* son afectadas por plantas parásitas como el muérdago (*Phoradendron villosum*). En el caso de *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana*, *P. cembroides* y *P. pinceana* son perjudicadas especialmente por plantas epífitas del género *Tillandsia recurvata* (SAMA 2013).

Estado de conservación

En Zacatecas la actividad productiva predominante es el sector agropecuario, junto con la minería

y la ganadería, las cuales se han desarrollado en detrimento de los ecosistemas forestales. Con el fin de extender las tierras para el pastoreo y los cultivos, se realizan cambios de uso de suelo que no siempre corresponden a la vocación original de la tierra, lo que provoca su degradación y baja productividad. Pese a lo anterior, este tipo de ecosistema tiene un grado de conservación regular, con una tasa de degradación de entre 0.2 y 0.5% anual (Fierros *et al.* 2010).

Selva seca

Descripción

Este ecosistema es conocido también como selva baja caducifolia o bosque tropical deciduo. Se denomina baja porque la altura del estrato arbóreo es menor a los 15 m; mientras que el término caducifolia o decidua se refiere a que más de 75% de las especies pierden sus hojas. Este ecosistema es propio de climas cálidos con lluvias escasas que duran un periodo corto del año (figura 4). Tienen una diversidad única con gran cantidad de especies endémicas. Se ubican en zonas muy frágiles y en condiciones climáticas que favorecen la desertificación (Ceballos *et al.* 2010).



Figura 4. Selva seca con *Myrtillocactus* sp. e *Ipomoea* sp. en el municipio de Moyahua de Estrada. Foto: Fabián Fernández Candelas.

Distribución

Generalmente se encuentran desde el nivel del mar hasta los 1 500 msnm, aunque ocasionalmente pueden llegar hasta los 1 900. En Zacatecas es el tipo de vegetación que ocupa la menor superficie, pero también es el que incrementó su cobertura al sustituir áreas que antes ocupaban matorrales, bosques templados y pastizales (figura 5). Se halla en las cañadas y cañones localizados al sur, principalmente en los municipios de Valparaíso, Monte Escobedo, Mezquital del Oro, Moyahua de Estrada, Juchipila, Huanusco, Atolinga, Tabasco, Apozol, Jalpa y Trinidad García de la Cadena (SAMA 2013).

Flora y fauna

Los trabajos de Ceballos y colaboradores (2010) y CONABIO (2016d) mencionan que en las selvas secas del país viven alrededor de 6 mil especies de plantas, de las cuales casi 40% son endémicas, es decir que solamente se encuentran en estos ecosistemas.

Existe una gran variedad de especies de flora y fauna. Las más representativas se muestran en el cuadro 4. Entre las plantas que destacan por su abundancia están el tepame (*Acacia pennatula*), ozote o cazahuate (*Ipomoea murucoides*) y

Cuadro 4. Especies de fauna comunes en selva seca que se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059.

Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Iguana negra o garrobo	<i>Ctenosaura pectinata</i>	A
Lagarto de chaquira	<i>Heloderma horridum</i>	A
Tortuga casquito	<i>Kinosternon integrum</i>	Pr
Boa	<i>Boa constrictor</i>	A
Guacamaya verde	<i>Ara militaris</i>	P
Cojolita	<i>Penelope purpurascens</i>	A
Jaguar	<i>Panthera onca</i>	P

Pr: protección especial; A: amenazada; P: en peligro de extinción.

Fuente: SEMARNAT 2010.

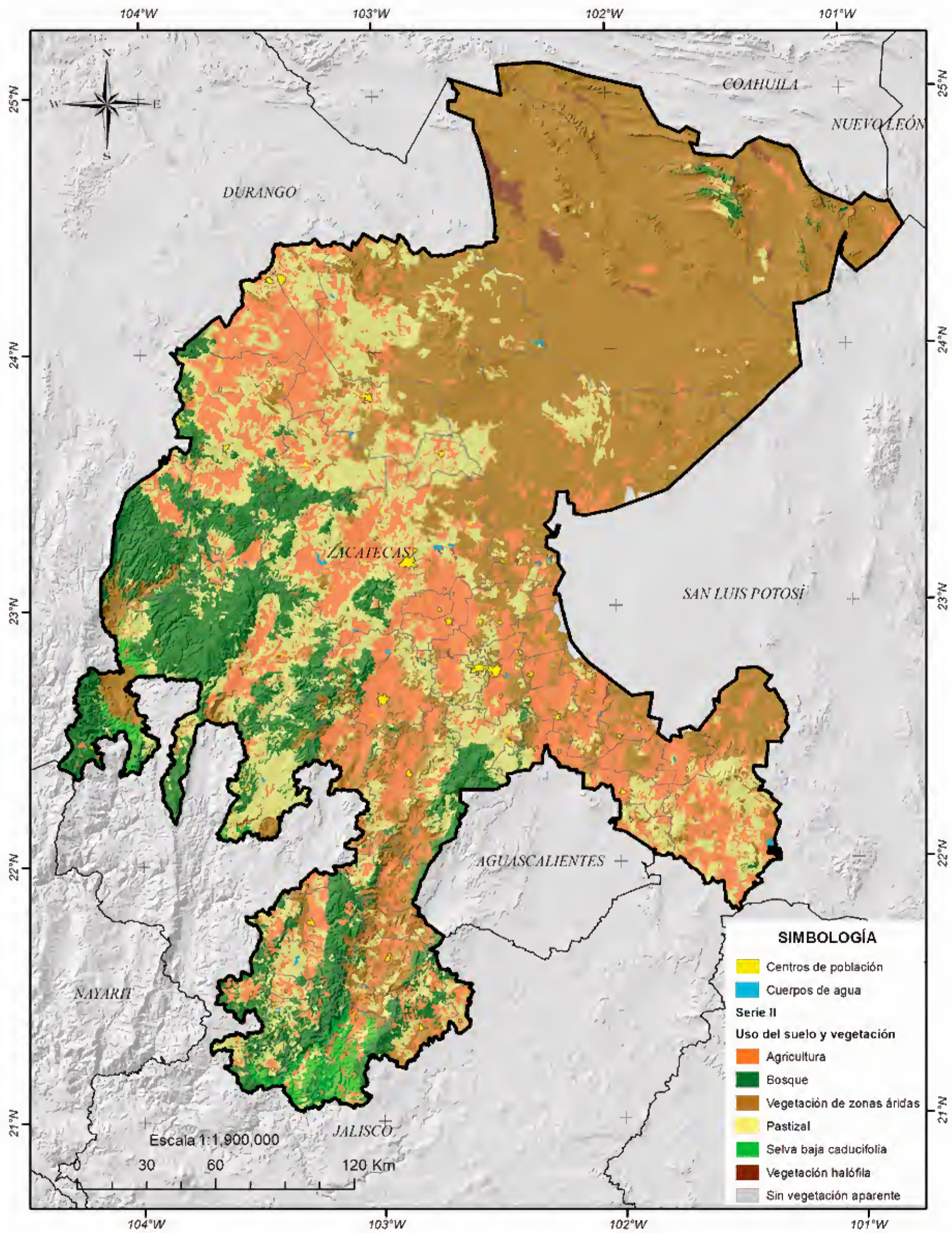


Figura 5a. Comparación de cobertura por tipo de ecosistema 1973-2003, con base en el Inventario Nacional Forestal Serie II del INEGI. Fuente: SAMA 2013.

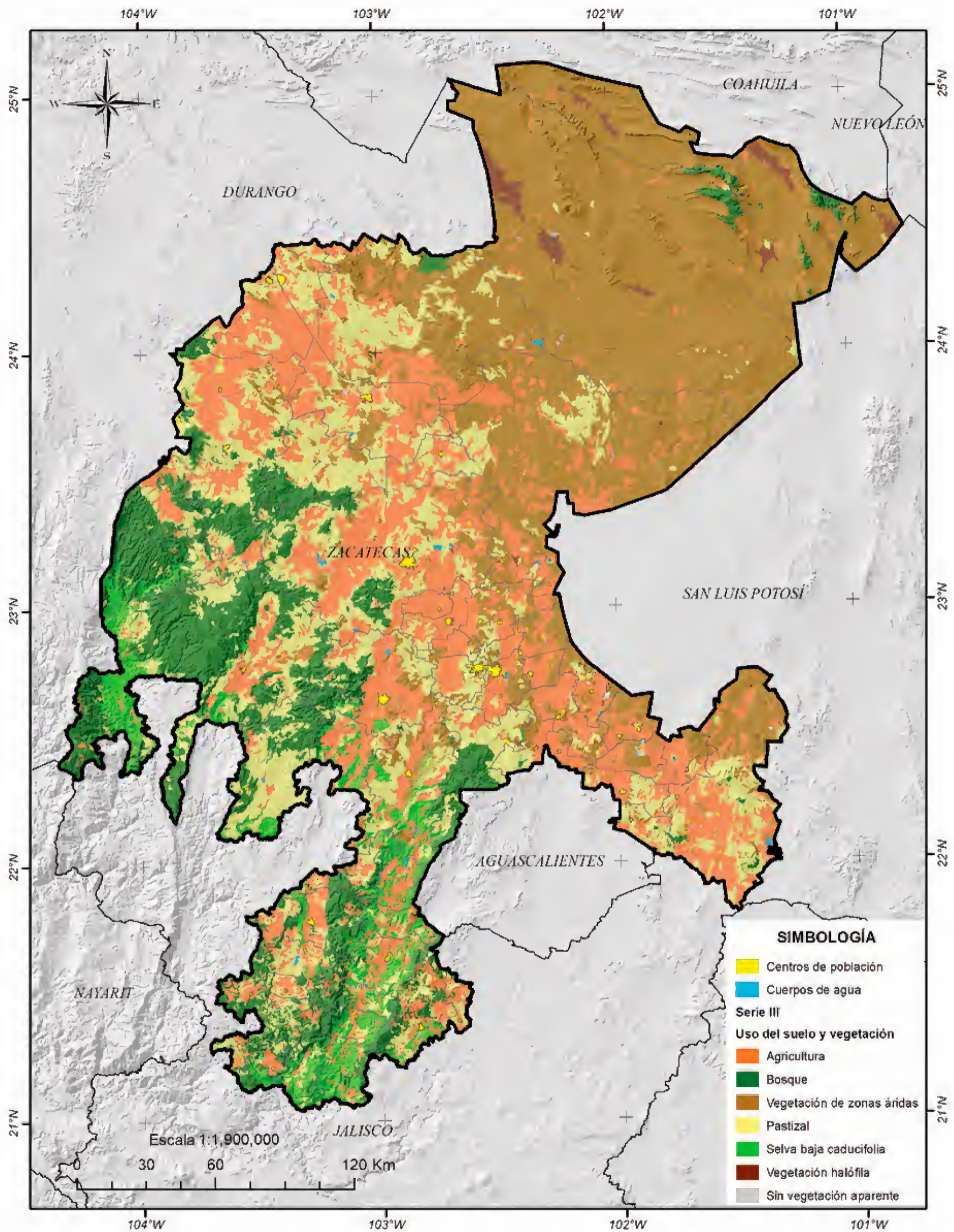


Figura 5b. Comparación de cobertura por tipo de ecosistema 1973-2003, con base en el Inventario Nacional Forestal Serie III del INEGI. Fuente: SAMA 2013.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

grandes cactáceas columnares como el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*); mientras que algunos de los animales son: el venado cola blanca, la guacamaya verde (*Ara militaris*), el zopilote (*Coragyps atratus*), el aura (*Cathartes aura*), la iguana negra o garrobo (*Ctenosaura pectinata*), víboras como la coralillo (*Micrurus* spp.); e incluso, Matson y Baker (1986) refieren que los habitantes de distintas comunidades han observado la presencia ocasional de jaguar (*Panthera onca*).

Servicios ambientales

Las selvas secas tienen baja productividad maderera, pero su presencia es de vital importancia porque proveen de leña y productos no maderables de potencial farmacológico. Son el hábitat de los parientes silvestres de varios de los principales cultivos de México (maíz, frijol, calabaza). Además ofrecen servicios de captura de carbono; conservación de suelos, de biodiversidad y de riberas; así como regulación de clima y mantenimiento de los ciclos minerales. Es hábitat de especies silvestres endémicas, como el cacto serpiente (*Peniocereus serpentinus*), y de valor comercial como el pitayo (*Stenocereus queretaroensis*). Al ocupar cañadas y cañones resultan ideales para facilitar el desplazamiento de muchas especies animales en corredores biológicos (CONABIO 2016d).

Amenazas

A nivel nacional, la deforestación de estas selvas se disparó a partir de 1970 con el impulso al reparto agrario, la revolución verde y el fomento agropecuario (CONABIO 2016d). Estas iniciativas favorecieron la transformación de millones de hectáreas en distritos de riego, plantaciones y tierras de agostadero para la ganadería extensiva.

El cambio climático hace extremar las condiciones de aridez y desertificación, lo que se suma a la presión que provocan las actividades agropecuarias, que han suscitado una degradación significativa. De acuerdo con el Programa de desarrollo forestal sustentable del estado de

Zacatecas (1997), alrededor de 19 062 ha de selvas se han afectado en los últimos años (Fierros *et al.* 2010).

Estado de conservación

En el periodo comprendido de 1972 a 2003 la selva seca aumentó de superficie, pues debido a la deforestación ocupó las zonas marginales de otros ecosistemas, como de bosques templados (SAMA 2013; figura 2). Se han identificado 55 711 ha de alta productividad, por lo que esta superficie es susceptible de ser incorporada en programas de manejo forestal (Martínez *et al.* 2013).

Pastizal

Descripción

Corresponde a comunidades donde predominan las gramíneas (Poaceae). Los pastizales son de altura media (20-70 cm). La cobertura varía de un lugar a otro y tiene que ver con la utilización del pastizal, pero rara vez supera 80% y frecuentemente es menor de 50% (Bazaldua-Piña 2009).

En Zacatecas existen tres tipos de pastizal: el natural, el halófilo y el inducido. El pastizal natural está determinado principalmente por el clima y otros factores naturales (figura 6), el halófilo se desarrolla en suelos con alto contenido de sales (no-yeso), mientras que el inducido es el que se desarrolla cuando se elimina la vegetación original, como en áreas agrícolas abandonadas.



Figura 6. Pastizal natural en Jalpa. Foto: Fabián Fernández Candelas.

Es un ecosistema de gran importancia económica, pues constituye el medio natural más propicio para el aprovechamiento pecuario, especialmente para la alimentación del ganado bovino y equino. Su estructura es sencilla, pues además del estrato rasante, hay un solo estrato herbáceo, en el que dominan las gramíneas.

Para el estado se reportan 114 especies de pastos distribuidas en los diferentes ecosistemas (Arrieta y Ortiz 2010). Existen especies dominantes o codominantes, frecuentemente del género *Bouteloua*; la más común de todas es la *B. gracilis*, sobre todo en sitios donde el pastoreo no ha perturbado demasiado el ecosistema, por lo que las comunidades de pastizal que prevalecen sobre suelos profundos son zacatales de *B. gracilis* y *B. scorpioides*. Sin embargo, existen especies favorecidas por el disturbio, como *Aristida adscensionis*, *A. divaricata*, *Eragrostis mexicana*, *E. puchellum*, *Leptochloa dubia* y *Lycurus phleoides* (Bazaldúa-Piña 2009).

Distribución

Este tipo de vegetación se ubica principalmente en climas áridos y semiáridos, aunque también se encuentra en los bosques templados. Los pastizales son más comunes en zonas planas o de topografía ligeramente ondulada y forman manchones irregulares en casi todo el estado, con menor frecuencia al norte y sureste donde predomina el matorral xerófilo. El pastizal halófilo no tiene una cobertura importante y se localiza principalmente en el municipio de Mazapil, donde el suelo es salino.

Flora y fauna

La fauna del pastizal se encuentra reducida o extinta debido al uso intensivo de la ganadería y a la caza no controlada. Actualmente es posible encontrar aves; carnívoros como la zorra, el puma y el coyote (*Canis latrans*), y reptiles como el alicante (*Pituophis deppei*), especie amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010, y la víbora de cascabel *Crotalus molossus*, que se alimenta de roedores y conejos (*Sylvilagus floridanus*, cuadro 5).

Cuadro 5. Especies de fauna comunes en pastizal que se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059.

Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Alicante	<i>Pituophis deppei</i>	A
Cascabel cola negra	<i>Crotalus molossus</i>	Pr

Pr: protección especial; A: amenazada.

Fuente: SEMARNAT 2010.

Existen herbívoros, generalmente ganado, que se alimentan de las gramíneas que crecen en el pastizal. Asimismo habitan rapaces y aves de rapina, como gavilanes, búhos, águilas y zopilotes (Bazaldúa-Piña 2009).

Servicios ambientales

Algunas especies de este ecosistema sirven de alimento para la fauna silvestre y representan un reservorio de carbono orgánico, ya que los restos herbáceos y los desechos de los animales herbívoros, principalmente, que se depositan en el suelo integran una capa importante de materia orgánica, la cual constituye una de las formas más efectivas de captura de carbono (Valencia 2009).

La principal contribución de los pastizales al bienestar de la humanidad ha sido la producción de alimentos de origen animal gracias a su capacidad de producir hierbas que sirven como forrajes (alimentos con un alto contenido de fibra).

Amenazas

El aprovechamiento de los pastizales no se lleva a cabo de una manera sostenible. El sobrepastoreo impide el máximo beneficio de estos; el pisoteo excesivo dificulta el buen desarrollo y reproducción de las especies forrajeras más nutritivas y apreciadas por el ganado. Igualmente, a causa del intenso pastoreo se mantienen casi siempre a una altura muy baja.

Estado de conservación

Los pastizales naturales se encuentran altamente fragmentados (figura 2). Son el ecosistema más

afectado, porque se ha utilizado para la cría de ganado en forma extensiva y con poco o nulo manejo, a diferencia del pastizal halófilo que es el mejor conservado porque no es usado para la cría de ganado (Arrieta y Ortiz 2010).

Bosque de galería y vegetación riparia

Descripción

Este ecosistema se encuentra en los márgenes de ríos y arroyos en condiciones de alta humedad (figura 7). Se caracteriza por ser muy heterogéneo; el estrato arbóreo varía de los 4 a los 40 m de altura, incluye árboles de hoja decidua perenne, decidua o parcialmente decidua. A veces puede ser denso, pero a menudo está constituido por árboles muy esparcidos e irregularmente distribuidos (CONABIO 2016e).

Son reconocidos por su exuberancia en relación con su entorno, principalmente árido. En ocasiones su ubicación permite que funcionen como corredores de fauna al comunicar comunidades

vegetales aisladas (Aguirre Calderón *et al.* 2001), de ahí su importancia para la conservación, uso y aprovechamiento.

Distribución

Se desarrollan en un rango altitudinal variable, desde los 0 a los 2 800 msnm, y en una amplia variedad de tipos de clima, como frío, caliente y templado, por lo que son considerados cosmopolitas (CONABIO 2016e). Ocupan una superficie estatal de tan solo 1 206 ha, lo que representa 0.02% de la superficie forestal de Zacatecas (Martínez *et al.* 2013). Se encuentran a lo largo y ancho de todo el estado, pero restringido exclusivamente a orillas de ríos y arroyos, por lo que resulta un ecosistema altamente vulnerable.

Flora y fauna

Las especies dominantes en el estrato arbóreo pertenecen a los álamos (*Populus* sp.), sauces (*Salix* sp.), cipreses (*Taxodium* sp.), arces (*Acer* sp.), fresnos (*Fraxinus* sp.) y alisos (*Alnus* sp.). En estos ecosistemas se pueden localizar algunas especies como



Figura 7. Vegetación riparia de *Salix* sp. y *Baccharis* sp., municipio de Saín Alto. Foto: Fabián Fernández Candelas.

mezquites (*Prosopis* sp.), pirules (*Schinus* sp.), encinos, cipreses (*Cupressus* sp.) y capulines (*Prunus* sp.). En el estrato arbustivo y herbáceo son muy comunes los jarales (*Baccharis* sp.) y *Asclepias* sp. (CONABIO 2016e).

Asociados a esta vegetación existen mamíferos como el mapache (*Procyon lotor*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el coyote. Entre las aves comunes están las lechuzas (*Tyto alba*), los tildíos (*Charadrius vociferus*), ciertas especies de pato (*Anas* spp.) y garzas (*Bubulcus ibis*). También se encuentran reptiles como la tortuga casquito (*Kinosternon integrum*, *K. hirtipes*) y culebras de agua (*Thamnophis* spp.). En los cauces no contaminados se ha reportado la presencia de peces nativos, como la carpita cabeza de toro (*Pimephales vigilax*), la carpita del Nazas (*Notropis nazas*), la carpa alta (*Yuriria alta*), el rodapiedras mexicano (*Campostoma ornatum*), el pupo del Juchipila (*Algansea monticola*), la carpita jorobada (*Cyprinella garmani*) y la carpa de Mayrán (*Gila conspersa*), especies altamente vulnerables a la contaminación (cuadro 6; Rush-Miller 2009).

Servicios ambientales

Los bosques de galería y la vegetación riparia protegen los cursos de agua a lo largo de su recorrido y garantizan el abastecimiento de agua durante todo el año por filtración a los mantos acuíferos y zonas de producción agropecuaria. Las hojas, ramas,

troncos y raíces caen constantemente al cauce y contribuyen a diversificar el hábitat: crean obstáculos naturales y dan origen a piscinas de diferentes profundidades que sirven como refugio y sustrato para los organismos acuáticos. Funcionan además como corredores naturales y pasos ecológicos entre diversas especies (Lot-Helgueras 2012).

Impactos y amenazas

Este tipo de ecosistema no ha sido evaluado ni suficientemente valorado. Sin embargo es posible verificar que la gran mayoría de su superficie se encuentra afectada principalmente por la contaminación que originan las descargas de aguas residuales de zonas urbanas. Otra amenaza es la deforestación por la extracción de grava y arena, que son utilizadas para la construcción. Los cauces cercanos a las zonas urbanas, como en la ciudad de Zacatecas, se han rellenado y nivelado para construir fraccionamientos habitacionales. La perforación de innumerables pozos ha disminuido con el tiempo el nivel del caudal de agua y en muchos de ellos ha desaparecido completamente y, con ello, muchas especies de flora y fauna.

Estado de conservación

No se cuenta con información actualizada sobre el estado de conservación de los bosques de galería y vegetación riparia, pero se presupone que es un ecosistema altamente alterado por las actividades humanas anteriormente descritas.

Cuadro 6. Especies de fauna comunes en bosque de galería y vegetación riparia que se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059.

Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Pato de collar mexicano	<i>Anas platyrhynchos</i> subsp. <i>diazi</i>	A
Casquito	<i>Kinosternon integrum</i>	Pr
Casquito de pata rugosa	<i>K. hirtipes</i>	Pr
Carpita jorobada	<i>Cyprinella garmani</i>	A
Carpa de Mayrán	<i>Gila conspersa</i>	A

Pr: protección especial; A: amenazada.

Fuente: SEMARNAT 2010.

Conclusiones y recomendaciones

Más de 33.75% de la superficie forestal del estado (1.788 millones de hectáreas) presenta problemas de degradación. Las causas principales son las actividades agrícolas (19.2%), seguidas de la deforestación, que representa 19.9%; el aprovechamiento de la vegetación para consumo humano (leña, carbón y postes para cercas) representa 2.4% y, por último, el sobrepastoreo con 1.5% (SAMA 2013).

La figura 5 muestra un comparativo de las coberturas de uso del suelo y vegetación desarrolladas por el INEGI (Inventario Nacional Forestal series II y III) durante el periodo 1973-2003. Se observa que los principales ecosistemas afectados fueron el matorral desértico micrófilo y los pastizales; sin embargo, también se perciben cambios importantes en las zonas de bosque templado y selvas bajas.

Las áreas prioritarias para la restauración se concentran en la región centro del estado y, principalmente, en la zona de los cañones, donde se presenta la mayor superficie degradada con áreas

aptas para reforestación. La superficie prioritaria para su restauración se estima en 617 941.92 ha (SAMA 2013).

El conocimiento integral de los ecosistemas zacatecanos y sus procesos ecológicos son de vital importancia para la conservación, uso, manejo y aprovechamiento sustentable de sus recursos y de los servicios ambientales. Dado que los procesos de degradación se están acentuando en los últimos años resulta prioritario enfocar esfuerzos para contemplar un manejo sustentable a corto plazo.

Las áreas naturales protegidas y las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre constituyen un mecanismo básico para la conservación de la biodiversidad y las funciones ecológicas, pues representan la única posibilidad comprobada de mantener y recuperar la integridad de los ecosistemas. El impacto de su implementación debería resultar en una mejoría de las condiciones socioeconómicas de la población usuaria, así como de la mitigación de los efectos del cambio climático.

Referencias

- Acosta, S. y G. Guzmán. 1984. Los hongos conocidos en el estado de Zacatecas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:125-158.
- Aguirre-Calderón, O.A., E.J. Treviño y C. Cavazos. 2001. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. *Madera y Bosques* 7:13-25.
- Arrieta, Y.H. y A.C. Ortiz. 2010. Listado florístico y aspectos ecológicos de la familia Poaceae para Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 4:711-738.
- Bazaldua-Piña, A.M. 2009. *Estudio regional forestal. UMAFOR 3203, estado de Zacatecas*. En: <<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/3857Memoria%20del%20Estudio%20Regional%20Forestal%203203.pdf>>, última consulta: 23 de julio de 2016.
- Ceballos, G., L. Martínez, A. García et al. 2010. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. FCE/CONABIO, México.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016a. *Ecosistemas. ¿Qué es un ecosistema?* En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html>>, última consulta: 23 de julio de 2016.
- . 2016b. *Ecosistemas. Matorrales*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral.html>>, última consulta: 15 de marzo de 2016.
- . 2016c. *Ecosistemas. Bosques templados*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html>>, última consulta: 15 de marzo de 2016.
- . 2016d. *Ecosistemas. Selvas secas*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaSeca.html>>, última consulta: 15 de marzo de 2016.
- . 2016e. *La diversidad biológica de México: Estudio de País. Anexos*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais11.pdf>>, última consulta: 15 de marzo de 2016.

- . 2016. *Flor de mayo (Laelia speciosa)*. En: <<http://naturalista.conabio.gob.mx/taxa/140596-Laelia-speciosa>>, última consulta: 2 de agosto de 2016.
- Fierros, A.M., A. Velázquez-Martínez y A. Aldrete. 2010. *Estudio regional forestal. UMAFOR 3201 sur-oeste de Zacatecas*. En: <<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/3598Estudio%20Regional%20Forestal%203202.pdf>>, última consulta: 23 de julio de 2016.
- Gómez-Garza, M.A. 2014. *Loros de México: historia natural*. Miguel Ángel Porrúa/SEMARNAT/PROFEPA, México.
- González-Elizondo, M.S., M. González-Elizondo, J.A. Tena-Flores et al. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental: una síntesis. *Acta Botanica Mexicana* 100:351-403.
- Granados-Sánchez, D., A. Sánchez-González, V. Granados et al. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 27:111-130.
- Lot-Helgueras, A. 2012. *Restauración de ecosistemas riparios en las subcuencas del sistema Cutzamala*. Informe Final. Instituto de Biología-UNAM, México D.F.
- Martínez, M., R.R. Ruiz-Garduño, F. Blanco-Macías et al. 2013. *Programa estratégico forestal del estado de Zacatecas 2012-2030*. INIFAP/Universidad Autónoma Chapingo, Zacatecas.
- Matson, J.O. y R.H. Baker. 1986. Mammals of Zacatecas. *Special Publications, The Museum, Texas Tech University* 24:1-88.
- Rush-Miller, R. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO, México.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf>, última consulta: junio de 2017.
- SAMA. Secretaría del Agua y Medio Ambiente. 2013. *Plan anual de trabajo*. En: <http://sama.zacatecas.gob.mx/seif/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=178>, última consulta: 23 de julio de 2016.
- Sánchez-Velázquez, L.R., J. Galindo-González y F. Díaz-Fleischer. 2008. *Ecología, manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*. CONABIO/Universidad Veracruzana, 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. Texto vigente.
- . 2014. *Estudio previo justificativo para la declaratoria de área natural protegida Reserva de la Biosfera Desierto Semiárido de Zacatecas*. SEMARNAT, México.
- Valencia, C.M. 2009. *Los pastizales naturales, un ecosistema que se olvida*. En: <<https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/418369.los-pastizales-naturales-un-ecosistema-que-se-olvida.html>>, última consulta: 23 de julio de 2016.

Las islas serranas

Robert William Bryson, Jr. • Héctor Ávila Villegas

Cada vez hay más evidencia de la enorme diversidad biológica que alberga Zacatecas, tal y como queda de manifiesto en la información de otros apartados de este capítulo. A lo largo de su territorio se intersectan diferentes regiones biogeográficas, las cuales presentan comunidades ecológicas únicas. A mayor escala, casi toda la porción norte del estado forma parte del Desierto Chihuahuense, que se caracteriza por la presencia de matorrales xerófilos, los cuales convergen hacia la mitad sureña del estado con los pastizales y mezquiales característicos de la Mesa Central. Cerca de la intersección de estas dos regiones se encuentran una serie de sierras cubiertas por bosques mixtos de pino-encino, las que representan la porción más sureña de la Sierra Madre Occidental, que se extiende hacia el noroeste (Wilson y McCranie 1979).

Estas elevaciones montañosas quedan aisladas entre sí porque sus porciones bajas, regularmente inferiores a los 1 900 msnm, están cubiertas por vegetación semiárida que rompe con el continuo del bosque de pino-encino, de tal manera que se forman hábitats únicos denominados “islas serranas” o *sky islands* en inglés (Warshall 1995). En estas “islas” habitan comunidades de especies de tierras altas que se asocian con los bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y que contribuyen significativamente a la diversidad biológica de Zacatecas, como la serpiente de cascabel de las rocas (*Crotalus lepidus*), la serpiente de cascabel (*Crotalus pricei*; figura 1) y el azulejo (*Aphelocoma ultramarina*).

Un aspecto interesante de las islas serranas de Zacatecas, y de México en general, es que su aislamiento es relativamente reciente en términos geológicos. Durante el Pleistoceno, que inició hace 2.6 millones de años y terminó hace 12 mil años,

el clima en el territorio mexicano fluctuó considerablemente debido al avance y retroceso de los glaciares que cubrían la porción norte del planeta. Así pues, cuando aumentaron su tamaño los glaciares avanzaron hacia al sur, lo cual hizo que el clima del territorio mexicano fuera más templado y húmedo. En Zacatecas, este nuevo clima permitió que los bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental, que se restringían a las zonas altas, frías y húmedas, se extendieran a las partes más bajas. Al ampliarse los bosques muchas de las comunidades que anteriormente estaban aisladas se comunicaron. Sin embargo, al reducirse el tamaño de los glaciares el clima se hizo más seco y más caliente, de tal manera que estos bosques se volvieron a restringir únicamente a las zonas altas de las montañas y sierras (Van Devender y Burgess 1985). En la actualidad es el patrón de cambio que está ocurriendo, puesto que el mundo se encuentra en un periodo interglaciar.

Este ciclo de expansión y contracción de los bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental ocurrió por muchos millones de años durante el Pleistoceno. Sin embargo, 90% del tiempo estuvo dominado por periodos más fríos (Van Devender y Burgess 1985), de tal manera que las islas serranas que actualmente existen en la entidad estuvieron casi siempre conectadas durante los pasados dos millones de años. Lo anterior tiene interesantes implicaciones en el desarrollo y evolución de la biodiversidad de esta parte de Zacatecas y en la manera en que se debe fomentar su conocimiento, conservación y uso sustentable por parte de los investigadores, los dueños de las tierras y las autoridades.

Para entender cómo era gran parte de México y Zacatecas hace 18 mil años, durante los periodos

Bryson, R.W. y H. Ávila-Villegas. 2020. Las islas serranas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 125-126.



Figura 1. Cascabel *Crotalus pricei miquihuanus*. Foto: Robert W. Bryson, Jr.

interglaciares más fríos y húmedos del Pleistoceno, se pueden citar dos ejemplos. El primero de ellos es un estudio en el que se modeló la distribución del pino o abeto *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, una conífera adaptada a las condiciones de las zonas altas y que se distribuye en casi todo el centro y sur de México (Gugger *et al.* 2011). El otro estudio es sobre la serpiente de cascabel *Crotalus pricei*, especie también asociada a las zonas montañosas altas, en el que se observó que su actual distribución, en la parte más sureña de su población, tiene una gran similitud con la de los bosques de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y que están a una altitud por encima de los 1 900 msnm (Bryson *et al.* 2011). Esto significa que durante el periodo glacial, la distribución de esta serpiente,

al igual que la de los bosques de pino-encino, cubría toda la parte sur de Zacatecas.

Las islas serranas son un componente importante de la biodiversidad del estado. Dado su grado de aislamiento, su conservación deberá ser prioritaria en los planes y proyectos de protección y conservación de la entidad. Cada una de ellas es como la pieza de un rompecabezas, de tal manera que si se impacta de manera negativa por la tala u otras afectaciones humanas, las especies que las habitan tal vez no estén presentes cuando el rompecabezas se una nuevamente si las condiciones de clima templado y húmedo regresan en el futuro. En este sentido, el involucramiento de los habitantes y dueños de estas áreas para su adecuado manejo y conservación será primordial.

Referencias

- Bryson, R.W., R.W. Murphy, M.R. Graham *et al.* 2011. Historical diversification of the *Crotalus intermedius* group and Pleistocene pine-oak woodland connections between Mexico's Sierra Madre Occidental and Sierra Madre Oriental. *Journal of Biogeography* 38:2299-2310.
- Gugger, O.F., A. González-Rodríguez, H. Rodríguez-Correa *et al.* 2011. Southward Pleistocene migration of Douglas-fir into Mexico: phylogeography, ecological niche modeling, and conservation of 'rear edge' populations. *New Phytologist* 189:1185-1199.
- Van-Devender, T.R. y T.L. Burgess. 1985. Late Pleistocene woodlands in the Bolson de Mapimi: a refugium for Chihuahuan Desert biota?. *Quaternary Research* 24:346-353.
- Warshall, P. 1995. The Madrean Sky Island Archipelago: a planetary overview. En: *Biodiversity and management of the Madrean Archipelago*. L.F. De-Bano, P. Ffolliott, A. Ortega-Rubio *et al.* (coords.). USDA Forest Service, Colorado, pp. 7-18.
- Wilson, L.D. y J.R. McCranie. 1979. Notes on the herpetofauna of two mountain ranges in Mexico (sierra Fria, Aguascalientes and sierra Morones, Zacatecas). *Journal of Herpetology* 13:271-278.

Hongos

Margarita Villegas Ríos • Rosario Medel Ortiz • Itzel Ramírez López • Ranulfo Castillo del Moral

Los hongos son organismos heterótrofos (obtienen los nutrientes del sustrato en el que se desarrollan) que pueden estar constituidos por una sola célula (como las levaduras que fermentan el pulque) o varias (como el champiñón); en este último caso, las células tienen forma de pequeños filamentos cilíndricos (hifas). El micelio, es decir, el conjunto de hifas, tiene generalmente apariencia algodonosa y es difícil de ver a simple vista debido a que crece dentro de sustratos. Aunque algunos hongos son verdes, como es el caso de ciertos “mohos” que crecen en las tortillas, no presentan clorofila como las plantas y, a diferencia de los animales, no pueden desplazarse por sí mismos ni engullir su alimento (Moore *et al.* 2011).

Su principal mecanismo de propagación es mediante esporas (estructuras microscópicas semejantes a las semillas) que producen en diferentes tipos de estructuras reproductoras; algunas pueden ser observadas a simple vista, como las de los hongos que se encuentran en los bosques en época de lluvias, comúnmente denominados “hongos macroscópicos”, y que pertenecen a los filos Ascomycota y Basidiomycota (figura 1). En el otro caso están aquellas estructuras reproductivas que solo se pueden observar con la ayuda de lentes de aumento (lupa o microscopio), que usualmente son referidos como “hongos microscópicos” y que están clasificados en los filos Chytridiomycota, Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota o Basidiomycota.

Estudio de los hongos en el estado

En Zacatecas no hay estudios puntuales sobre la diversidad de hongos. Sin embargo, existen varios registros de especies derivados de estudios regionales o nacionales (Guzmán y Pérez-Patracá 1972,

Pérez-Silva 1972, Guzmán *et al.* 1977, Valenzuela 1999). El primer registro de un hongo para el estado corresponde a la especie *Battarreoides digueti* realizado por Lloyd (1923) sin precisar localidad.

Guzmán y Herrera (1969) en su estudio sobre los macromicetos de zonas áridas de México, documentaron la presencia de *Bovista pusilla*, *Geastrum floriforme* y *Lycoperdon rimulatum*. No obstante, el trabajo que mayor información aportó sobre hongos macroscópicos fue el realizado por Acosta y Guzmán (1984), quienes a partir del estudio de más de 250 especímenes recolectados en zonas aledañas a Monte Escobedo, la serranía de El Plateado y la carretera Zacatecas-Aguascalientes, citaron a 93 especies, de las cuales, 79 se registraron por primera vez para la entidad y ocho para México. La mayor parte de estas especies fueron



Figura 1. Estructura reproductora de un hongo macroscópico (*Auricularia polytricha*) creciendo sobre un tocón. Foto: Itzel Ramírez-López.

Villegas Ríos, M., R. Medel-Ortiz, I. Ramírez-López y R. Castillo. 2020. Hongos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 127-135.

colectadas en bosques de encino (73), 10 en pino y el resto en matorral xerófilo, pastizales, zonas agrícolas y áreas perturbadas.

Los reportes de Guzmán y Herrera (1969) y Guzmán (1973) de *Lycoperdon rimulatum* y *Montagnea arenaria*, así como de Cibrián Tovar *et al.* (2007) para los hongos de repisa *Phellinus tremulae* y *Porodaedalea pini*, corresponden básicamente a los mismos municipios. Un hongo de repisa (*Inonotus luteoumbrinus*) y una estrella de tierra (*Geastrum schweinitzii*) son hasta ahora los únicos registros en bosque tropical del estado (Vázquez y Guzmán-Dávalos 1990, Valenzuela *et al.* 2007).

Varela y Trejo (2001), Medina y Román (2005) y Román y Rodríguez (2005) reportaron ocho especies en sus trabajos sobre los hongos que forman asociaciones benéficas con raíces de plantas herbáceas, principalmente (micorrizas arbusculares). Por otra parte, de acuerdo con los estudios de Pérez Moreno y Read (2004), una gran proporción de los hongos macroscópicos citados por Acosta y Guzmán (1984) forman también asociaciones benéficas con raíces de pinos y encinos (ectomicorrizas).

Diversidad

No se sabe a ciencia cierta cuántas especies de hongos existen en el planeta; formalmente se han registrado más de cien mil, pero constantemente se están describiendo más, a un ritmo de aproximadamente 1 200 por año (Kirk *et al.* 2008, Blackwell 2011, Hibbett y Glotzer 2011). La cifra más conservadora estimó 1.5 millones de especies a nivel mundial (Hawksworth 2001); sin embargo, a medida que se exploran nuevos sitios las estimaciones se han incrementado en hasta 5.1 millones de especies (O'Brien *et al.* 2005).

Tomando en cuenta la variedad de climas, vegetación, cadenas montañosas, planicies y ambientes acuáticos de México, ciertos autores, como Guzmán (1998) y Aguirre-Acosta *et al.* (2012), han considerado que en el país podrían existir entre 110 mil y 200 mil especies de hongos, pero se conocen menos de 7 mil.

En Zacatecas se han registrado 156 taxones, de ellos, 104 corresponden a hongos macroscópicos y 52 a microscópicos. Los Basidiomycota son el grupo más numeroso con 115 taxones, mientras que en los Ascomycota la mayoría de los hongos conocidos son microscópicos (28) y solo cinco especies son macroscópicas (figura 2). Los nombres científicos de las especies actualmente conocidas para el estado y su clasificación pueden consultarse en el cuadro 1 y apéndice 1.

La mayoría de las especies de hongos microscópicos reportadas en la entidad, principalmente de zonas agrícolas en la parte central del estado, causan problemas en plantas cultivadas, cuyas enfermedades son reconocidas bajo diferentes nombres; por ejemplo: miada de perro (*Alternaria solani*, *Giberella pulicaris*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y *Nigrospora* spp.), mancha del frijol (*Colletotrichum lindemuthianum*), carbón de la espiga del maíz (*Sporisorium reilianum*), cenicillas polvorientas del chile, ajo, durazno y calabaza (*Leveillula taurica*, *Podosphaera pannosa*, *Golovinomyces cichoracearum*, *Podosphaera fuliginea*), gomosis del pepino (*Didymella bryoniae*), cuitlacoche del maíz (*Ustilago maydis*), mancha púrpura del ajo y cebolla (*Alternaria porri*), pudrición del ajo, cebolla, chile y jitomate (*Stromatinia cepivora*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp.), pudrición texana de la alfalfa y el durazno (*Phymatotrichopsis omnivora*), y verrucosis del durazno (*Taphrina deformans*, figura 3; Moreno *et al.* 1995, Avelar-Mejía *et al.* 2001, 2011, Velásquez *et al.* 2001, 2011).

Distribución

Los hongos pueden vivir en cualquier ambiente, ya sea acuático o terrestre, pero los hongos que se encuentran en los bosques son diferentes a los que se desarrollan en los matorrales, selvas o zonas agrícolas.

Los datos aportados por Mora *et al.* (2011) estimaron que de los 100 mil hongos descritos a nivel mundial, 14% habitan en ecosistemas terrestres

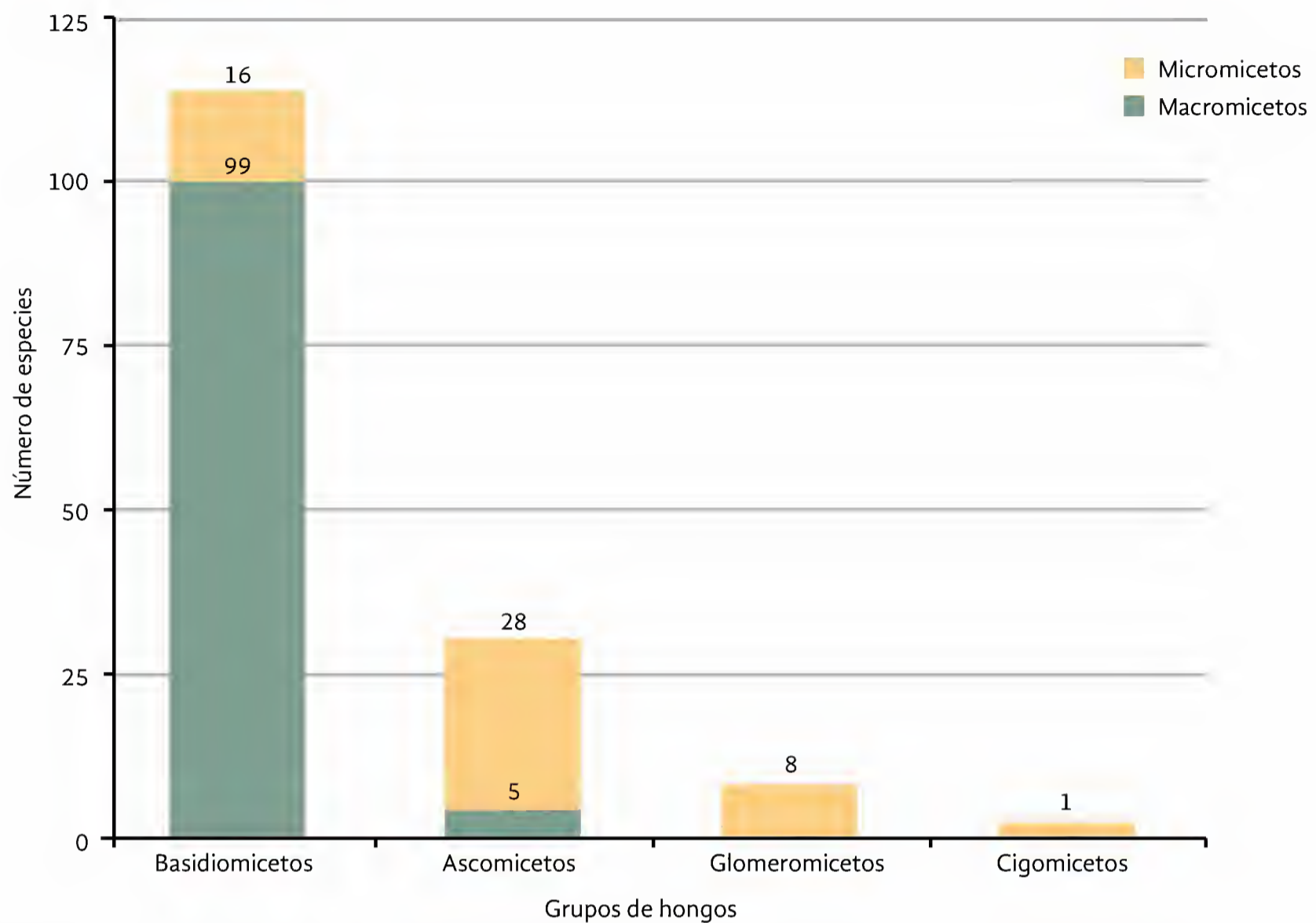


Figura 2. Número de especies macroscópicas y microscópicas según los grupos de hongos representativos del estado. Fuente: elaboración propia.

y menos de 10% en acuáticos. En México, el estudio de estos organismos se ha enfocado en ecosistemas terrestres, en los que se han citado más de 4 500 hongos macroscópicos, 1 500 parásitos de plantas, 140 que habitan en el suelo, más de 100 en granos almacenados y alrededor de 60 que son parásitos de animales y humanos; y se conocen menos de 50 especies en ambientes acuáticos (Guzmán 1998).

De los hongos conocidos para Zacatecas, 45% se desarrolla en bosques de coníferas y de encinos (figura 2, apéndice 1), 52% en zonas de pastoreo y agrícolas, y 3% en matorrales xerófilos. Considerando la distribución de estos ecosistemas en el estado, los datos aquí presentados, aunque limitados, probablemente representan la proporción de hongos que se encontraría en un muestreo más amplio. Es decir, aunque en futuros estudios

Cuadro 1. Diversidad de hongos del estado.

Phylum	Clases	Órdenes	Familias	Géneros	Especies
Ascomycota	6	11	18	27	32
Basidiomycota	5	15	40	71	115
Glomeromycota	1	2	4	5	8
Zygomycota	1	1	1	1	1
Total	13	29	63	104	156

Los conteos incluyen la categoría *Incertae sedis*, así como especies identificadas hasta género.

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Enfermedad de la verrucosis del durazno causada por el hongo *Taphrina deformans*. Foto: Margarita Villegas Ríos.

seguramente se incremente el número de especies, tomando en cuenta los sustratos donde se desarrollan los hongos microscópicos, particularmente del grupo de los Ascomycota, que son los más abundantes en la naturaleza (Kirk *et al.* 2008), la proporción de especies por ecosistema será similar a la observada actualmente.

La presencia de algunos hongos macroscópicos (*Battarreoides diguetii*, *Bovista pusilla* y *Montagnea arenaria*, entre otros) en matorrales xerófilos y pastizales de Zacatecas es evidencia de que, contrario a la creencia de que se desarrollan únicamente en bosques templados húmedos, también están presentes en ecosistemas secos (Guzmán y Vela 1960).

Importancia

Los hongos participan en procesos primarios que regulan el bienestar de los bosques y otros tipos de vegetación (Morris y Robertson 2005). Básicamente descomponen restos de vegetales y animales, reciclan numerosos nutrientes útiles para otros organismos, establecen asociaciones benéficas (mutualistas) con plantas y animales cooperando en su nutrición y, otros más, se comportan como parásitos, los cuales pueden incrementar notoriamente cuando se alteran los ecosistemas.

Sus asociaciones simbióticas o mutualistas (beneficio mutuo) y parasitarias (que causan daño)

son muy diversas. En este capítulo, se hace referencia a algunas de sus relaciones con plantas, porque son las que están más involucradas en el conocimiento actual de los hongos de Zacatecas.

Más de 95% de las plantas terrestres dependen de los hongos para su desarrollo óptimo. Esta relación, llamada micorriza, propicia un mejor crecimiento y disminuye la incidencia de patógenos; a cambio de estos beneficios las plantas transfieren nutrientes a los hongos. Las micorrizas se presentan en todos los tipos de vegetación incluyendo zonas áridas (Bellgard y Williams 2011). Estas asociaciones se dan en hongos microscópicos (algunos de los que se conocen en el estado son: *Claroideoglobus claroideum*, *Diversispora spurca*, *Glomus albidum* y *Glomus* sp.) y en hongos macroscópicos, como por ejemplo el congo amarillo *Amanita* cf. *caesarea* (figura 4) y otros más que se desarrollan en los bosques de pino y encino (apéndice 1).

Los hongos también son los causantes de enfermedades en plantas, que producen grandes pérdidas en la producción agrícola mundial (Agrios 2005). Varias de las enfermedades presentes en zonas agrícolas del estado son ocasionadas por al menos 31 hongos microscópicos, que han afectado cultivos de chile, frijol, maíz, ajo, hortalizas, entre



Figura 4. Primordios del hongo amarillo (*Amanita* cf. *caesarea*), una especie que forma ectomicorrizas. Foto: Itzel Ramírez-López.

otros (Hennen y Cummins 1973, Moreno *et al.* 2005, Velásquez y Lara 2007, Mena y Velásquez 2010).

También están presentes en la entidad hongos que en otros estados son comestibles, tóxicos o medicinales (figura 5). Dado que no existe un estudio en el que se recopilen los nombres locales de dichos hongos, se les nombra como se reconocen en el vecino estado de Jalisco (Gómez Hernández 2004). Ejemplos de comestibles son: lobo o cuitlacoche (*Ustilago maydis*), congo amarillo (*Amanita caesarea*), cuerno de venado (*Ramaria flava*), santinaca (*Hypomyces lactifluorum*), quelele (*Macrolepiota procera*) y congo azul (*Lactarius indigo*, figura 6); y de especies tóxicas: *Amanita verna*, *A. pantherina* (figura 7) y *Ramaria formosa* (figura 8).

Estado de conservación y amenazas

Debido a la estrecha relación que existe entre los hongos que habitan en los bosques y la vegetación que les rodea, es evidente que su nivel de conservación depende en gran medida del estado del sitio donde se desarrollan.

En cuanto a los macromicetos, los limitados datos que se tienen en la actualidad revelan que solo se ha explorado una mínima parte de los ecosistemas donde pueden crecer. De todas las especies reportadas para el estado, únicamente cuatro (2.5% del total) están consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (cuadro 2).

En cuanto a los hongos microscópicos, la situación es mucho más extrema, pues la mayoría de los estudios se han centrado en los patógenos de plantas de interés agrícola, y aunque esto es

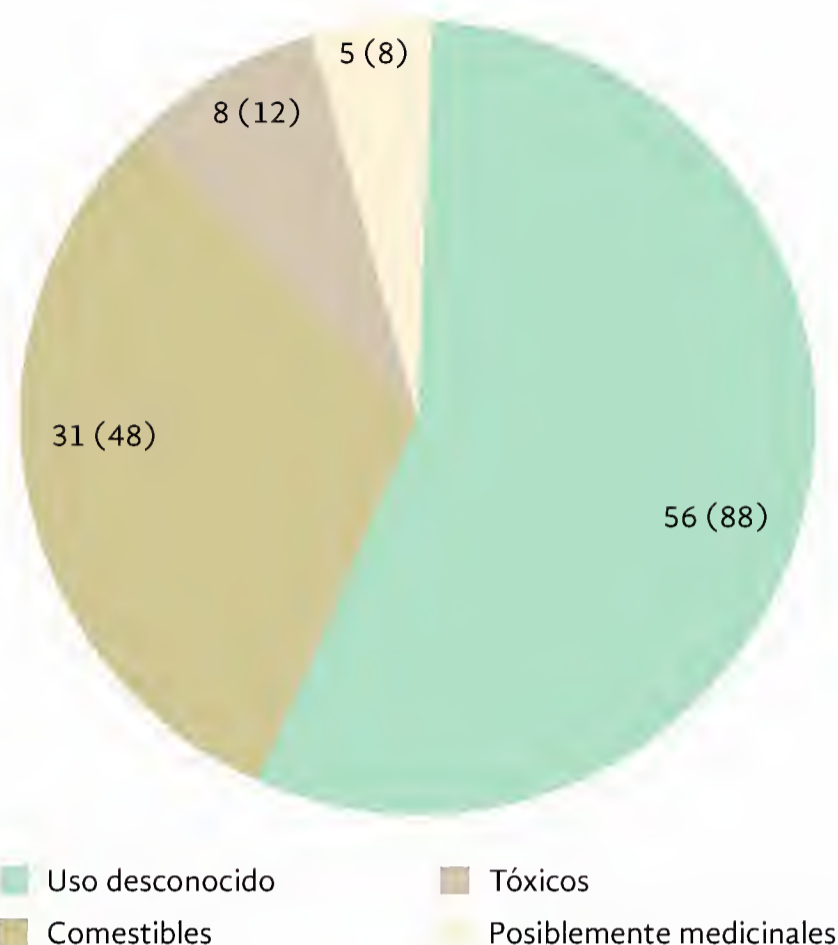


Figura 5. Porcentaje de especies de macromicetos reportados como comestibles, tóxicos o posiblemente medicinales; número total entre paréntesis. Fuente: elaboración propia.

comprensible por el impacto que causan en la alimentación del ser humano, no deja de sorprender que otros, como los que tienen una relación benéfica con raíces de plantas herbáceas –incluyendo las cultivadas (hongos micorrizógenos arbusculares)–, estén pobremente estudiados en la entidad.

Las principales amenazas que afectan a los hongos son similares a las de otros organismos, como el deterioro de los ecosistemas, a través de prácticas como la “roza, tumba y quema”, que dan paso al pastoreo y a cultivos agrícolas; la extracción ilegal de madera de los bosques; los incendios

Cuadro 2. Hongos considerados en riesgo que están presentes en el estado.

Nombre común	Nombre científico	NOM-059
Panza, pambazo o selpanza	<i>Boletus edulis</i>	A
Congo mosca	<i>Amanita muscaria</i>	A
Chamaquillo	<i>Psilocybe cordispora</i>	Pr
Ririchaka	<i>Hygrophorus russula</i>	A

A: amenazada; Pr: protección especial.

Fuente: SEMARNAT 2010.

forestales y la contaminación (Vovides *et al.* 1997, Guzmán 2013). Si bien los hongos son relevantes en varios tipos de vegetación del estado, todavía no existen los estudios que evalúen el impacto de estas amenazas sobre sus poblaciones.

La destrucción de los hongos puede tener consecuencias adversas a nivel de ecosistemas. Por ejemplo, puede derivar en el fracaso de los programas de reforestación, debido a la eliminación de hongos que forman micorrizas o, en otros casos, se puede incrementar la posibilidad de que algunas plagas de árboles o plantas agrícolas aumenten notoriamente al no contar con enemigos naturales (como los hongos) que las controlen.

Conclusiones y recomendaciones

La información que aquí se presenta permite apreciar que la diversidad de los hongos de Zacatecas debe de ser mucho más amplia de lo que se conoce hasta ahora. Es importante conocer la diversidad de hongos que existen en los diferentes tipos de vegetación del estado. Uno de los predominantes



Figura 6. El hongo azul *Lactarius indigo* es una especie comestible presente en los bosques de encino. Foto Itzel Ramírez-López.



Figura 7. La *Amanita pantherina* es una especie tóxica que forma ectomicorrizas con raíces de pinos y encinos. Foto: Itzel Ramírez-López.



Figura 8. El cuerno de venado *Ramaria formosa* es un hongo comestible que forma ectomicorrizas con raíces de pinos y encinos. Foto: Itzel Ramírez-López.

es el matorral xerófilo, un tipo de vegetación en el que debe ampliarse el estudio de estos organismos, ya que la información obtenida apoyará sustancialmente investigaciones integrales sobre recuperación de suelos, uso, manejo y conservación de plantas, entre otros aspectos.

En el caso de los bosques de coníferas y encinos del noroeste del estado, el estudio de los hongos ha sido mínimo, pues no se ha explorado ni la tercera parte de ellos, sobre todo considerando su riesgo ante las diferentes amenazas ocasionadas por las actividades humanas. Por ello, es importante realizar inventarios, particularmente porque están involucradas especies endémicas y en peligro de extinción, como el pino azul (*Pinus maximartinezii*), el cual forma ectomicorrizas (Ojeda 2007) que no han sido estudiadas, y es prioritario para el planteamiento de alternativas en el uso, manejo y conservación de este pino, al igual que del resto de las especies arbóreas presentes en la zona (véase “Estado y conservación del pino azul (*Pinus maximartinezii*) en la sierra de Juchipila” en esta misma obra).

Hacen falta estudios sobre el conocimiento tradicional de los hongos (etnomicología) para la entidad. Ciertos trabajos, como el de Villaseñor (1999), en el vecino estado de Jalisco, muestran que los hongos son un recurso forestal no maderable con un valor potencial y cuyo aprovechamiento puede significar una opción viable para una parte de la población zacatecana.

En Zacatecas el conocimiento sobre los hongos patógenos se ha incrementado en beneficio de la agricultura (véase “Biotecnología con enfoque agrícola” en esta misma obra). No obstante,



Figura 9. Liquen creciendo sobre roca en bosque de encino. Foto: Itzel Ramírez-López.

es importante señalar que en estos ecosistemas también están presentes hongos benéficos, como los que forman micorrizas arbusculares (Varela y Trejo 2001, Medina y Román 2005, Román y Rodríguez 2005), los cuales pueden mejorar significativamente la adquisición de nutrientes por las plantas e incluso conferirles mayor tolerancia a los metales tóxicos y otras condiciones adversas en el suelo (Ortega-Larrocea *et al.* 2001). Además, las micorrizas juegan un papel ecológico importante en el mantenimiento de la vegetación (Camargo-Ricalde y Dhillion 2003).

Finalmente, es importante mencionar la gran diversidad de líquenes (figura 9) que se observan sobre todo en las zonas áridas de este estado, que por su relevancia como formadores de suelo merecen un mayor estudio.

Referencias

- Acosta, S. y G. Guzmán. 1984. Los hongos conocidos en el estado de Zacatecas (México). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:125-158.
- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S. Aguilar *et al.* 2012. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:76-81.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant pathology*. Academic Press, Londres.
- Avelar-Mejía, J., D. Téliz Ortiz y E. Zavaleta-Mejía. 2001. Patógenos asociados con el “declinamiento del guayabo”. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(2):223-229.
- Avelar-Mejía, J., M. Galindo-Oliva, A. Lara-Herrera *et al.* 2011. Hongos asociados con la enfermedad “miada de

- perro" en el cultivo de chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(1):155-160.
- Bellgard, S.E. y S.E. Williams. 2011. Response of mycorrhizal diversity to current climatic changes. *Diversity* 3:8-90.
- Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany* 98:426-438.
- Camargo-Ricalde, S.L. y S.S. Dhillon. 2003. Endemic *Mimosa* species can serve as mycorrhizal "resource islands" within semiarid communities of the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. *Mycorrhiza* 13:129-136.
- Cibrián-Tovar, D., D. Alvarado Rosales y S.E. García Díaz (eds.). 2007. *Enfermedades forestales en México*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Gómez-Hernández, M.A. 2004. *Etnomicología en el poblado de Tapalpa, municipio de Tapalpa, Jalisco, México*. Tesis de licenciatura en biología. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Universidad de Guadalajara, México.
- Guzmán, G. 1973. Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero, II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 7:121-127.
- . 1998. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.
- . 2013. *Devastación en los bosques y selvas de México. La urgencia de su conservación*. Editorial Ideogramma, México.
- Guzmán, G. y T. Herrera. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México, II. Gasteromicetos. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 40:1-92.
- Guzmán, G. y A.M. Pérez-Patracá. 1972. Las especies conocidas del género *Panaeolus* en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 6:17-53.
- Guzmán, G. y L. Vela. 1960. Contribución al conocimiento de la vegetación del suroeste de Zacatecas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 25:46-61.
- Guzmán, G., L. Varela y J. Pérez-Ortiz. 1977. Las especies no alucinantes del género *Psilocybe* conocidas en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 11:23-33.
- Hawksworth, D.L. 2001. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105:1422-1432.
- Hennen, J.F. y G.B. Cummins. 1973. The mexican species of *Puccinia* (Uredinales). *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 7:59-88.
- Hibbett, D.S. y D. Glotzer. 2011. Where are all the undocumented fungal species? A study of *Mortierella* demonstrates the need for sequence-based classification. *New Phytologist* 191:592-596.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Minter y J.A. Stalpers. 2008. *Dictionary of the fungi*. CAB International, Inglaterra.
- Lloyd, C.G. 1923. Mycological Notes. *Mycological writings* 7:1174-1175.
- Medina, O. y F. Román. 2005. Diversidad biológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la Unidad Académica de Agronomía. *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas*.
- Mena, C.J. y R. Velásquez. 2010. *Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas*. CIRNOC/INIFAP, México.
- Moore, D., G.D. Robson y A.P.J. Trinci. 2011. *21st Century guidebook to fungi*. Cambridge University Press, Reino Unido.
- Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl et al. 2011. How many species are there on earth and in the ocean. *PLoS Biol* 9(8):1-8.
- Moreno, O., J. Carrasco, E. Moreno y S. Romero. 1995. Identificación, incidencia, severidad y epidemiología de *Phoma lingam* en crucíferas cultivadas en Aguascalientes y Zacatecas. *Investigación y Ciencia* 16:55-61.
- Moreno, O., D. Manzano, M. Aguilar y J. Luna. 2005. Primer registro de los ascocarpos de *Leptosphaeria maculans* (Desmaz.) Ces. y de Not., causante del pie negro de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.), en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23(1):74-78.
- Morris, S.J. y G.P. Robertson. 2005. Linking function between scales of resolution. En: *The Fungal Community*. J.W. Bennett y P.A. Lemke (eds.). Taylor & Francis, Nueva York, pp. 13-26.
- O'Brien, H.E., J.L. Parrent, J.A. Jackson et al. 2005. Fungal community analysis by large scale sequencing of environmental samples. *Applied and Environmental Microbiology* 71:5544-5550.
- Ojeda, Z.M.C. 2007. *Regeneración in vitro del piñón azul Pinus maximartinezii Rzed.* Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León.
- Ortega-Larrocea, M.P., C. Siebe, C. Bécard et al. 2001. Impact of a century of wastewater irrigation on the abundance of arbuscular mycorrhizal spores in the soil of the Mezquital Valley of Mexico. *Applied Soil Ecology* 16:149-157.

- Pérez-Moreno, J. y D.J. Read. 2004. Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia* 29:239-247.
- Pérez-Silva, E. 1972. El género *Daldinia* (Pyrenomycetes) en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 7:51-58.
- Román, F. y G. Rodríguez. 2005. HMA en plantas de chile mirasol. *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas*.
- 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. Texto vigente.
- Valenzuela, R. 1999. *Las familias Polyporaceae sensu stricto y Albatrellaceae en México*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN, México.
- Valenzuela, R., T. Raymundo y J. Cifuentes. 2007. La familia Hymenochaetaceae en México III. El género *Aurificaria* D.A. Reid. *Polibotánica* 24:154-166.
- Varela, L. y D. Trejo. 2001. Los hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) número especial* 1:39-51.
- Vázquez, L.S. y L. Guzmán-Dávalos. 1990. Nuevos registros de hongos (macromicetos) para los Estados de Jalisco, Puebla y Zacatecas (México). *Brenesia* 33:61-74.
- Velásquez, R. y V.F. Lara. 2007. Presencia de patógenos en almácigos y semillas de chile (*Capsicum annum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(1):75-79.
- Velásquez R., M.M. Medina y J.J. Luna. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annum* L.) en el norte-centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(2):175-181.
- Velásquez, R., H.M. Reveles, M. Medina-Aguilar y M.D. Amador. 2011. *Descripción y manejo de enfermedades comunes en los cultivos de Zacatecas*. INIFAP, México.
- Villaseñor, L. 1999. *Etnomicología de la etnia Wirrárika (huichol), Jalisco, México*. Tesis de maestría. Universidad de Guadalajara, México.
- Vovides, A., V. Luna, y G. Medina. 1997. Relación de algunas plantas y hongos mexicanos raros, amenazados o en peligro de extinción y sugerencias para su conservación. *Acta Botanica Mexicana* 39:1-42.

Plantas

José de Jesús Balleza Cadengo

Las plantas son organismos multicelulares que utilizan la fotosíntesis para transformar agua y bióxido de carbono en azúcares. La característica más distintiva de las plantas es su ciclo reproductor, en el cual el gametofito o generación haploide se alterna con el esporofito o generación diploide (Audesirk *et al.* 2003).

Las plantas han alcanzado una gran diversidad en México. Con una superficie de casi dos millones de kilómetros cuadrados, que representan 1.5% de la superficie del planeta, la república mexicana alberga aproximadamente 10% de la flora del mundo, lo que la ubica como el cuarto lugar mundial en riqueza florística, con un número estimado de 30 mil especies, de las cuales 15 mil son endémicas del país (Mittermeier *et al.* 1997).

La diversidad de la flora de México se explica por la compleja historia geológica de su territorio, la cual es responsable de su abrupta topografía y de un amplio mosaico de climas y tipos de vegetación que incluyen prácticamente todos los registrados en el mundo (Rzedowski 1978).

El estudio de las plantas en el estado

A principios de la década de los ochenta, la Universidad Autónoma de Zacatecas se planteó el objetivo de integrar una colección representativa de la flora del estado. Para alcanzarlo se han emprendido proyectos de investigación sobre familias importantes según su abundancia, como gramíneas (pastos y otras herbáceas) y asteráceas (margaritas y sus parientes); grupos selectos, como malezas y plantas medicinales; y floras de sitios de interés, como la del cerro La Cantarilla, en el municipio de Moyahua, la del cerro de Piñones y el cerro Las Ventanas, en el municipio de Juchipila, la sierra de Órganos en el municipio de Sombrerete, y El Cedral en el municipio de Ciudad Cuauhtémoc.

Los resultados de estos trabajos han sido publicados en “La familia Asteraceae en el estado de Zacatecas, México” (Balleza y Villaseñor 2002) y “Flora y vegetación de Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México” (Enríquez *et al.* 2003), los que sirvieron de base para “Gramíneas de Zacatecas, México” (Herrera *et al.* 2010) y se incorporaron a la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, proyecto AC001).

También se pueden consultar en trabajos de tesis como “Gramíneas del estado de Zacatecas, catálogo de especies y claves para géneros” (Balleza 1992), “Estudio florístico del cerro La Cantarilla, municipio de Moyahua, estado de Zacatecas, México” (Enríquez 1998a), “Estudio florístico y fitogeográfico de la Sierra de Órganos, municipio de Zacatecas, México” (Enríquez 1998b), “Valor de uso de las malezas del municipio de Zacatecas, México” (Adame 2009), “Inventario y uso de plantas medicinales en el municipio de Juchipila, Zacatecas” (Ramírez 2009) e “Inventario y uso de plantas medicinales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas” (Varela 2011).

Otras referencias a plantas de Zacatecas se encuentran en estudios de la flora de áreas más grandes que incluyen parte del territorio del estado. En este sentido destacan los volúmenes disponibles de proyectos florísticos en curso, como *Flora Novo-Galiciana* (McVaug 1983, 1984, 1985, 1987, 1989, 1992 y 1993) y *Flora of the Chihuahuan Desert Region* (Henrickson y Johnston 1997). También son importantes las obras “Árboles y arbustos de México” (Standley 1920-1926), “Las cactáceas de México” (Bravo 1978, 1991a, b), “Catálogo de las gramíneas de México” (Dávila *et al.* 2006), “Catálogo de las cactáceas mexicanas” (Guzmán *et al.* 2003), entre otras. Para plantas no

Balleza-Cadengo, J.J. 2020. Plantas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 136-139.

vasculares, las publicaciones sobre musgos de Zacatecas (Delgadillo y Cárdenas 1979, Cárdenas y Delgadillo 1984, Delgadillo y Cárdenas 1987) son una referencia obligada.

Diversidad

Con base en la información bibliográfica antes mencionada, así como las consultas al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y a los herbarios nacional (MEXU) y de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ), se tiene un panorama general de la diversidad de las plantas de la entidad que se encuentran representadas por 137 especies de musgos (briofitas); 71 especies de licopodios, selaginelas, equisetos y helechos (pteridofitas); 32 especies y 10 infraespecies de plantas con semillas desnudas (gimnospermas), que se agrupan en siete géneros y tres familias; además de 2 443 especies y 405 variedades o subespecies de plantas con flores (angiospermas) distribuidas en 769 géneros y 134 familias (cuadro 1).

Importancia

La importancia de las plantas en la entidad no solo se basa en criterios ecológicos, sino también en su uso y aprovechamiento comercial. Por ejemplo, los musgos (briofitas) son esenciales en los procesos de sucesión ecológica, pues favorecen la transformación de sustratos y funcionan como los primeros eslabones de las cadenas tróficas, pero también conllevan un valor económico, principalmente durante la época navideña, cuando se emplean como parte de las decoraciones de temporada, por lo que se expenden en grandes volúmenes en mercados no solo del estado, sino de todo el país (Delgadillo y Cárdenas 1990).

Algo similar ocurre en el caso de las gimnospermas, las cuales definen la estructura de los ecosistemas boscosos al ser las especies más abundantes y, particularmente en los bosques de pino y oyamel, son fuente de grandes cantidades de madera y celulosa, mientras que de los bosques de pino piñonero (*Pinus pinceana*) se extraen los

piñones, producto de importante valor comercial para las poblaciones locales (Fonseca 2003).

Asimismo, se pueden mencionar ejemplos puntuales de aprovechamiento de angiospermas características del paisaje desértico del estado, como el maguey verde o mezcalero (*Agave salmiana crassispina*; Frayre 1996) y el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) en la producción de bebidas alcohólicas (Henrickson y Johnston 1997).

Amenazas

Sin duda, el desconocimiento es una de las principales amenazas para la conservación de los distintos grupos de plantas que se distribuyen en el estado, pues la entidad aún carece de un listado completo publicado de las especies vegetales en su territorio (por citar un ejemplo, no existen publicaciones que aborden en particular el estudio de sus pteridofitas), lo cual dificulta llevar a cabo una evaluación precisa del impacto y repercusión de los factores de presión sobre la vegetación nativa.

Sin embargo, el conocimiento de las plantas del estado es lo bastante completo para identificar que la destrucción del hábitat, producto de los incendios forestales, la deforestación, la tala inmoderada y el sobrepastoreo, es una de las principales amenazas para la conservación, lo cual es particularmente crítico en el caso de las coníferas, pues estas gimnospermas son el grupo de plantas más afectado en la entidad.

Por otra parte, las actividades de uso y aprovechamiento de algunas especies pueden poner en riesgo las poblaciones silvestres, como es el caso

Cuadro 1. Familias, géneros y especies de plantas.

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Briofitas	24	74	137
Pteridofitas	12	22	71
Angiospermas (monocotiledóneas)	27	149	525
Angiospermas (dicotiledóneas)	107	620	1 918
Gimnospermas	3	7	32

Fuente: elaboración propia.

de las grandes cantidades de pteridofitas cola de caballo (*Equisetum hyemale*) y doradilla (*Selaginella lepidophylla*) que son recolectadas para su venta como plantas medicinales o el auge en la comercialización del tequila durante la década de los noventa, que generó una fuerte demanda del maguey verde resultando en la sobreexplotación de esta planta.

Conclusiones y recomendaciones

Es necesario contar con un listado de especies del estado completo y mayor información en términos de abundancia y desarrollo de sus individuos que permita tomar decisiones enfocadas en la conservación de los distintos grupos de plantas nativas, pues ya se cuenta con ejemplos de éxito, como la inclusión en el APRN Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043 del pino azul o pino de Zacatecas (*Pinus maximartinezii*) como una de las áreas de distribución original.

Referencias

- Adame, M. 2009. *Valor de uso de las malezas del municipio de Zacatecas, México*. Tesis de maestría en ciencias. Unidad Académica de Agronomía-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Audesirk, T., G. Audesirk y B.E. Byers. 2003. *Biología: La vida en la Tierra*. Pearson Education, México.
- Balleza, J.J. 1992. *Gramíneas del estado de Zacatecas*. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, México.
- Balleza, J.J. y J.L. Villaseñor. 2002. La familia Asteraceae en el estado de Zacatecas (México). *Acta Botanica Mexicana* 59:5-69.
- Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México. Vol. I*. UNAM, México.
- . 1991a. *Las cactáceas de México. Vol. II*. UNAM, México.
- . 1991b. *Las cactáceas de México. Vol. III*. UNAM, México.
- Cárdenas, M.A. y C. Delgadillo. 1984. Musgos de Zacatecas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 46:13-18.
- Dávila, P., M.T. Mejía-Saulés y M. Gómez-Sánchez. 2006. *Catálogo de las gramíneas de México*. CONABIO, México.
- Delgadillo, C. 1993. Diversidad de la brioflora mexicana. 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. 365-377.
- Delgadillo, C. y M.A. Cárdenas. 1979. Musgos de Zacatecas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 38:1-6.
- . 1987. Musgos de Zacatecas, México. Síntesis y fitogeografía. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 47:13-24.
- . 1990. *Manual de briofitas*. Cuadernos 8. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Enríquez, E.D. 1998a. *Estudio florístico del cerro La Cantarilla, municipio de Moyahua, estado de Zacatecas, México*. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo.
- . 1998b. *Estudio florístico y fitogeográfico de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México*. Tesis de doctorado en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo.
- Enríquez, E.D., S.D. Koch y M.S. González-Elizondo. 2003. Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botanica Mexicana* 64:45-89.

- Fonseca, R.M. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias* 69:64-65.
- Frayre, Z.I. 1996. *Proyecto de desarrollo rural de las comunidades marginadas de las áreas ixterlas en el estado de Zacatecas*. Tesis de maestría. UAM, México.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. UNAM/CONABIO, México.
- Herrera, Y., P. Peterson y A. Cortés. 2010. *Gramíneas de Zacatecas, México*. Botanical Research Institute of Texas, EUA.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. *Flora of the Chihuahuan Desert Region. Vol. 1 y 2*. J. Henrickson, Los Angeles.
- McVaugh, R. 1983. Gramineae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 436.
- . 1984. Compositae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 1157.
- . 1985. Orchidaceae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 336.
- . 1987. Leguminosae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 786.
- . 1989. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 398.
- . 1992. Gymnosperms and Pteridophytes. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 398.
- . 1993. Limnocharitaceae to Typhaceae. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 462.
- Mittermeier, A., P. Robles-Gil y C. Goettsch-Mittermeier. 1997. *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo*. CEMEX, México.
- Ramírez, J. 2009. *Inventario y uso de plantas medicinales en el municipio de Juchipila, Zacatecas*. Tesis de licenciatura. Unidad Académica de Agronomía-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. *Contributions from the United States National Herbarium* 23:1-1721.
- Varela, M.J. 2011. *Inventario y uso de plantas medicinales en el municipio de Zacatecas, México*. Tesis de licenciatura. Unidad Académica de Agronomía-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.

Bryophyta

José de Jesús Balleza Cadengo

El grupo Bryophyta se refiere a plantas no vasculares, postradas, de unos cuantos centímetros de largo, que tradicionalmente se dividen en las clases Anthocerotopsida (antocerotes), Marchantiopsida (hepáticas) y Bryopsida (musgos; Cronquist 1977). Los tres grupos se caracterizan porque presentan dos fases en su ciclo biológico: una fase diploide (el esporofito) y una fase haploide (el gametofito, figura 1; Cronquist 1977)

La fase haploide carece de un sistema conductor especializado, es siempre fotosintética y más visible que la fase diploide. Los órganos parecidos a raíces de los gametofitos de las briofitas se llaman rizoides, los que aparentan ser tallos se nombran caulidios y los que semejan hojas se denominan filidios (Cronquist 1977).

Los órganos en los que se producen las células sexuales masculinas y femeninas de las briofitas (anteridios y arquegonios, respectivamente) pueden ser microscópicos o escasamente apreciables a simple vista. Se forman en el mismo o en diferente gametofito, de acuerdo con la especie y el género.

El estudio de las briofitas en el estado

El conocimiento que se tiene de los musgos de la entidad es resultado de las exploraciones botánicas realizadas de 1978 a 1981 por Ma. Ángeles Cárdenas y Claudio Delgadillo (Delgadillo y Cárdenas 1987). En el herbario nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, institución en la que laboran los investigadores antes mencionados, se conservan los ejemplares colectados en Zacatecas. El herbario de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ), ubicado en la Unidad Académica de

Agronomía, no incluye musgos en su colección sino únicamente plantas vasculares. Sin embargo, por la importancia científica de las briofitas es recomendable abordar su estudio y enriquecer el acervo del herbario de la UAZ con especímenes de musgos de la entidad y la región.

Diversidad

Con base en la revisión de los trabajos de Degadillo y Cárdenas (1979, 1987), Cárdenas y Delgadillo (1984) y la consulta al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), la flora de musgos del estado incluye 144 especies y variedades, cifra que representa 14.66% de las 982 que se reportan para la república mexicana (Delgadillo 2003). Las especies de musgos de Zacatecas se distribuyen en 74 géneros y 24 familias (apéndice 2). La familia Pottiaceae es la más abundante con 25 géneros y 56 especies y variedades (cuadro 1, apéndice 2). *Didymodon*, con diez especies y variedades, es el género más diverso; en contraste, otros 46 géneros tienen una sola especie (apéndice 2).

Distribución

Las briofitas se asocian a las zonas alpinas, donde son muy abundantes. También son frecuentes en los bosques templados y tropicales, pero escasas en los desiertos y en ambientes acuáticos.

La mayoría son terrestres, aunque dependen del agua para reproducirse. En consecuencia, el número de especies de briofitas en las zonas árida y semiárida es menor que en las zonas templada y tropical subhúmeda de la entidad.

Con base en la distribución geográfica mundial de 115 especies nativas de Zacatecas, Delgadillo y Cárdenas (1987) reconocen cuatro grupos

Balleza-Cadengo, J.J. 2020. Bryophyta. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 140-142.



Figura 1. Musgo en el bosque de *Quercus* en Monte Escobedo. Se aprecia el gametofito y el esporofito. Foto: Cinthya Balleza Gallardo.

fundamentales: 1) el grupo endémico, integrado por cinco especies (4.3%) que se conocen exclusivamente en México; 2) el grupo mesoamericano, que incluye 18 especies y variedades (15.6%) que se distribuyen esencialmente de México al norte de Sudamérica; 3) el grupo mexicano, constituido por 20 especies y variedades (17.3%) que se distribuyen del suroeste de los Estados Unidos hasta Guatemala; y 4) el grupo de amplia distribución que comprende un contingente de 72 especies y variedades (62.2%) cuya distribución incluye varios continentes.

De acuerdo con la división del territorio zacatecano en franjas longitudinales, que corresponden a los principales meridianos que lo cruzan, se encontró que 11 especies de musgos se conocen exclusivamente en la región central, 44 restringen su distribución geográfica a la porción occidental, 17 a la porción oriental y 43 especies y variedades se distribuyen probablemente en todo el estado (Delgadillo y Cárdenas 1987).

Importancia

Las briofitas son importantes desde el punto de vista ecológico y económico. Por ejemplo, son esenciales en los procesos de sucesión ecológica (proceso natural de colonización de un espacio por diferentes comunidades de plantas y animales); favorecen la transformación de sustratos y

funcionan como los primeros eslabones de las cadenas tróficas, tanto al servir de alimento para otros organismos como al proveer un medio fértil para la germinación de semillas y el establecimiento de poblaciones de insectos (Delgadillo 1993).

Desde el punto de vista económico destacan por el uso que se les da principalmente durante la época navideña, cuando se expenden grandes volúmenes de musgos en los mercados de

Cuadro 1. Número de géneros y especies por familia.

Familia	Géneros	Especies y variedades
Amblystegiaceae	3	5
Archidiaceae	1	1
Aytoniaceae	1	1
Bartramiaceae	3	5
Brachytheciaceae	1	1
Bryaceae	7	11
Dicranaceae	1	7
Ditrichaceae	2	3
Encalyptaceae	1	2
Entodontaceae	1	1
Fabroniaceae	1	4
Fissidentaceae	1	8
Funariaceae	3	5
Grimmiaceae	3	10
Hedwigiaceae	2	2
Hookeriaceae	1	1
Hypnaceae	7	8
Leskeaceae	3	4
Orthotrichaceae	2	3
Polytrichaceae	2	2
Pottiaceae	25	56
Ptychomitriaceae	1	1
Racopilaceae	1	2
Thuidiaceae	1	1
Total	74	144

Fuente: elaboración con base en Delgadillo y Cárdenas 1979, 1987, Cárdenas y Delgadillo 1986, Delgadillo 2003, SNIB.

diferentes ciudades de la república mexicana (Delgadillo y Cárdenas 1990). Finalmente, las briofitas también son importantes para el cultivo de hortalizas, como indicadores de contaminación y en la producción de compuestos biológicamente activos, como antitumorales y citotóxicos (Delgadillo 1993).

Amenazas

De las especies de briofitas registradas en Zacatecas, únicamente *Jaffueliobryum arsenei* ha sido incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr).

Las principales amenazas para la conservación de las briofitas en Zacatecas son la destrucción de su hábitat y el comercio ilegal. Como ya se mencionó, esto ocurre principalmente durante la época navideña, cuando grandes cantidades de estas plantas son extraídas ilegalmente del medio silvestre para ser vendidas en mercados para la decoración de los nacimientos. Para preservarlas es necesario conservar la cubierta verde de plantas vasculares y regular su comercio.

Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de las briofitas de Zacatecas se considera alto tomando en cuenta su superficie territorial y en contraste con la diversidad reportada

para otros estados, como Jalisco (112 especies; Rodríguez 2010) o Chihuahua (142 especies; Sharp *et al.* 1994, Zander *et al.* 1995, Greven 1999, citados por Pelayo 2010).

La zona árida de Zacatecas alberga pocas briofitas y pueden considerarse de poco valor para conservarlas. Sin embargo, algunas adaptaciones ecológicas ligadas a la economía del agua y a la reproducción, hacen de las briofitas del desierto seres singulares. Por ejemplo, se ha observado que *Phascum hyalinotrichum* y *Pterygoneurum subsessile*, frecuentes en zonas áridas, acortan su ciclo de vida y producen esporofitos al final de la temporada de lluvias (Delgadillo 1993). Conviene preservar estos musgos para estudiar esta estrategia. En este sentido, se recomienda reforzar su estudio a nivel local.

Finalmente, para preservar estas plantas en el estado es necesario conservar la cubierta verde de plantas vasculares, principalmente en las cañadas ubicadas en los bosques de pino y encino y regular su comercio, sobre todo durante la temporada navideña, mediante el fomento a su producción bajo esquemas sustentables, como las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) que promueve la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y desalentando y sancionando su comercio ilegal.

Referencias

- Cárdenas, M.A. y C. Delgadillo. 1984. Musgos de Zacatecas, México. II. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 46:13-18.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental, México.
- Delgadillo, C. 1993. Diversidad de la brioflora mexicana. 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. 365-377.
- . 2003. *Catálogo de la colección briológica del Herbario Nacional de México*. Actualización 2003. Herbario MEXU, Instituto de Biología-UNAM, México.
- Delgadillo, C. y M.A. Cárdenas. 1979. Musgos de Zacatecas, México. II. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 38:1-6.
- . 1987. Musgos de Zacatecas, México. III. Síntesis y Fitogeografía. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 47:13-24.
- . 1990. *Manual de briofitas*. Instituto de Biología-UNAM, México
- Pelayo, H. 2010. Contribución al conocimiento de los musgos de la planicie central del Desierto Chihuahuense, Chihuahua, México. En: *Memorias in extenso del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Hermosillo.
- Rodríguez, C.A. 2010. Riqueza florística de Jalisco. En: *Memorias del Foro La Biodiversidad de Jalisco*. Guadalajara.

Helechos y plantas afines (Pteridophyta)

José de Jesús Balleza Cadengo

Las pteridofitas son plantas vasculares, perennes, con raíces, tallos y hojas; carecen de flores y semillas, y se reproducen sexualmente por esporas (Cronquist 1977).

En la madurez de su ciclo biológico existen dos generaciones fisiológicamente independientes: el esporofito (diploide), la visible, y el gametofito (haploide), que es un pequeño talo, rara vez de más de dos centímetros de largo (Cronquist 1977). El esporofito siempre es fotosintético y el gametofito por lo general también, pero los gametofitos de algunas pteridofitas son subterráneos e incoloros. Se encuentran en una amplia variedad de hábitats y de climas, aunque la mayoría se localiza en las partes sombreadas y húmedas de zonas con clima templado o tropical.

Se subdividen en tres clases: Lycopodiopsida (licopodios y selaginelas), Equisetopsida (equisetos o colas de caballo) y Polypodiopsida (helechos). En el mundo se reportan 12 mil especies de helechos y plantas afines (UICN 2013); en México los registros alcanzan 1 027 especies (Villaseñor 2004), esto es, 8.5% del total mundial.

Conocimiento de las pteridofitas en el estado

No existen publicaciones que aborden en particular el estudio de este grupo en Zacatecas. Sin embargo, con base en la revisión de *Flora Novo-Galiciana* (McVaugh 1992), *Flora del Desierto Chihuahuense* (Henrickson y Johnston 1997), la consulta del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y del herbario de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ), fue posible documentar la presencia en el estado de 71 especies de Pteridophyta, que se distribuyen en 22 géneros, 12 familias, seis órdenes y tres clases (apéndice 3).

Pteridaceae es la familia con más géneros y especies (ocho y 39, respectivamente; cuadro 1).

Al comparar el número de géneros y especies de pteridofitas que se registran para Zacatecas con los que se reportan para estados vecinos, como Coahuila y Durango, se observa que la cantidad es similar. Villarreal (2001) cita para Coahuila 88 especies que se distribuyen en 24 géneros. Por otra parte, González-Elizondo y colaboradores (1991) registraron 69 especies que se agrupan en 24 géneros para el estado de Durango.

A continuación se presenta una breve descripción de las tres clases de pteridofitas reportadas para el estado.

Lycopodiopsida (licopodios y selaginelas)

Agrupación de hierbas perennes, relativamente pequeñas, con tallos cortos o alargados, algunas veces

Cuadro 1. Número de especies y géneros de pteridofitas por familia en el estado.

Familia	Géneros	Especies
Aspleniaceae	1	4
Dryopteridaceae	1	2
Equisetaceae	1	1
Isoetaceae	1	1
Lomariopsidaceae	1	1
Marsileaceae	1	2
Polypodiaceae	3	6
Pteridaceae	8	39
Schizaeaceae	1	1
Selaginellaceae	1	9
Thelypteridaceae	1	1
Woodsiaceae	2	4
Total	22	71

Fuente: elaboración propia.

Balleza-Cadengo, J.J. 2020. Helechos y plantas afines (Pteridophyta). En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 143-146.

trepadores. El tallo es simple o dicotómicamente ramificado. Las hojas son angostas, pequeñas, con una vena media de tejido vascular no ramificado; por lo general alternas u opuestas, rara vez forman verticilos (conjunto de tres o más hojas que brotan del tallo al mismo nivel). Las raíces se originan de los tejidos internos del tallo (raíces adventicias), a menudo son simples, pero algunas veces están ramificadas dicotómicamente una o más veces. Las estructuras que producen las esporas (esporangios) nacen solitarias en las axilas o en la cara superior (haz) de la hoja, cerca de su base.

En Zacatecas se conocen hasta el momento dos géneros y 10 especies de licopodios. El género más diverso es *Selaginella* con nueve especies (apéndice 3). A él pertenece la doradilla o flor de peña, especie muy apreciada por sus propiedades medicinales (figura 1).

Equisetopsida (equisetos o colas de caballo)

Agrupa hierbas perennes con tallos de menos de 3 cm de grueso y hasta de 1 m de alto; verdes y fotosintéticos, claramente articulados, con un verticilo de pequeñas hojas angostas en cada articulación. El tallo tiene crestas y surcos longitudinales,



Figura 1. La doradilla *Selaginella lepydophylla* en la selva baja de El Chique, Villanueva. Foto: Juan Manuel Torres Alonso.

que tienden a alternar en entrenudos sucesivos. Las hojas comúnmente miden menos de 3 cm de largo; los miembros de cada verticilo están unidos por sus márgenes laterales y forman una vaina alrededor del tallo. Las puntas de las hojas generalmente están separadas unas de otras, por lo que la vaina es dentada en el ápice. Cada hoja tiene una vena media no ramificada. Las hojas tienen poca clorofila o carecen de ella y parecen ser meras estructuras vestigiales cuya única función es proteger a los meristemos intercalares del tallo. Las raíces se originan adventiciamente de los tejidos internos del tallo, son delgadas y menores a 3 cm de largo. Las estructuras que producen las esporas (esporangios) están agrupadas en un cono terminal de uno a varios centímetros de largo (Cronquist 1977).

El género *Equisetum* es al que pertenecen todas las especies modernas de Equisetopsida. En el estado el único representante de esta clase de plantas es la cola de caballo (*Equisetum hyemale*), una especie apreciada por su uso medicinal y ornamental (figura 2, apéndice 3). Esta planta crece a lo largo de arroyos y ríos, en suelos arenosos o arcillosos con alto contenido de humedad (UICN 2017).

Polypodiopsida (helechos)

Incluye plantas arborescentes y hierbas perennes, conocidas popularmente como helechos. Algunos alcanzan alturas de más de 20 m, pero en la mayoría el tallo está representado solamente por un rizoma simple o ramificado, del cual se forman las hojas. A diferencia de los grupos antes expuestos, las raíces se originan de la base del tallo. Las hojas son alternas y compuestas, pero hay también muchos helechos con hojas simples (figura 3). Generalmente, las estructuras donde se producen las esporas (esporangios) se forman en las hojas o en apéndices asociados con las mismas.

En la entidad esta clase está representada por tres órdenes (Polypodiales, Salvinales y Schizaeales) y nueve familias que contemplan 19 géneros con 60 especies (apéndice 3).

Estado de conservación y amenazas

Aún es necesario generar información completa y actualizada sobre la abundancia y distribución de los helechos y plantas afines en la entidad, ya que de acuerdo con la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, un listado completo de las especies constituye la meta número uno para la conservación (CONABIO 2012). Ninguna de las especies de pteridofitas que se distribuyen en Zacatecas ha sido incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

La destrucción del hábitat es la principal amenaza para la conservación de los helechos y plantas afines. Por otra parte, grandes cantidades de cola de caballo (*E. hyemale*) y doradilla (*S. lepidophylla*) son recolectados para su venta como plantas medicinales. Es necesario regular esta actividad para hacer un uso sustentable de este recurso y evitar que las poblaciones silvestres se vean amenazadas.



Figura 2. La cola de caballo *Equisetum hyemale* es una planta utilizada en la medicina tradicional como diurético. Foto: Juan Manuel Torres Alonso.

Conclusiones y recomendaciones

Existe un buen conocimiento de las pteridofitas nativas del estado. Sin embargo, es recomendable intensificar la exploración botánica para integrar una colección representativa de los helechos y plantas afines que habitan en su territorio y publicar una lista completa.

Un listado completo, que esté complementado con la identificación de las regiones con mayor riqueza y diversidad, puede contribuir de manera significativa en el diagnóstico de los factores de presión (ya sea de origen natural o como resultado de actividades humanas) a los que se encuentran sometidas poblaciones específicas de este tipo de plantas, además de construir la base para la toma de decisiones en materia de conservación.



Figura 3. A la lengua de ciervo *Pleopeltis polylepis* se le atribuyen propiedades medicinales. En la imagen crece sobre el tronco de un encino (*Quercus* sp.) en Monte Escobedo. Foto: Cinthya Balleza Gallardo.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. *Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal, 2012-2030*. CONABIO, México.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental, México.
- González-Elizondo, M., S. González-Elizondo y Y. Herrera. 1991. *Listados florísticos de México. ix. Flora de Durango*. UNAM, México.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. *A flora of de Chihuahuan Desert region. Vol. 1 y 2*. J. Henrickson, Los Ángeles.
- McVaugh, R. 1992. Gymnosperms and pteridophytes. En: *Flora Novo-Galiciana*. W.R. Anderson (ed.). The University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 467.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. *The IUCN red list of threatened species*. En: <http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2013_1_RL_Stats_Table1.pdf>, última consulta: marzo de 2014.
- . 2017. *Equisetum hyemale*. En: <<http://www.iucnredlist.org/details/203003/0>>, última consulta: marzo de 2017.
- Villarreal, J.A. 2001. *Listados florísticos de México. xxii. Flora de Coahuila*. UNAM, México.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.

Gimnospermas

José de Jesús Balleza Cadengo • Juan Ramírez Prieto • María de Jesús Varela Flores

Las gimnospermas son plantas vasculares leñosas con raíces, tallos y hojas que se reproducen sexualmente por semillas, pero carecen de flores. Los órganos que producen las semillas con frecuencia están agregados en un cono (llamado estróbilo) simple o compuesto (Cronquist 1977). Las semillas maduras están expuestas al aire, sobre las escamas de los conos femeninos. Se han descrito 1 052 especies de gimnospermas a nivel mundial (UICN 2013), de ellas, 138 son nativas de México (Villaseñor 2004).

Algunas gimnospermas, como las Cycadaceae, están adaptadas a los climas tropicales y subtropicales; otras, como las Ephedraceae, viven en climas áridos y semiáridos, pero la mayor parte prefiere los climas templados, característicos de la parte alta de las montañas, en donde llegan a formar bosques.

Diversidad

Las gimnospermas de Zacatecas están representadas por 32 especies y 10 infraespecies que se agrupan en siete géneros, tres familias, tres órdenes y dos clases de las divisiones Gnetophyta y Pinophyta o también llamada Coniferophyta (cuadro 1, apéndice 4).

La división Gnetophyta está representada por cuatro especies del género *Ephedra* (*E. aspera*, *E. compacta*, *E. pedunculata* y *E. trifurca*; apéndice 4). Este género presenta especies arbustivas o trepadoras, con ramas rígidas y duras; sus hojas son simples de unos cuantos milímetros de largo. Algunas especies son solitarias, articuladas, estriadas y de color verde, otras presentan ramas verticiladas, no articuladas y no estriadas (Villanueva-Almanza y Fonseca 2011). *Ephedra* forma parte de la flora de los matorrales xerófilos característicos de la zona árida y semiárida de Zacatecas.

La división Pinophyta comprende plantas leñosas con tallos ramificados, la mayoría tiene hojas simples y generalmente pequeñas. Los órganos portadores de semillas presentan diversas modificaciones. Esta división abarca dos órdenes, pero el orden Pinales, comúnmente llamado coníferas, es el grupo más rico en especies. Por lo general son árboles con un tronco bien definido y ramas pequeñas laterales. La forma de vida de arbusto es menos frecuente.

En Zacatecas, Pinophyta está representada por dos familias: Cupressaceae y Pinaceae. A Cupressaceae corresponde una especie del género *Cupressus* (*C. arizonica* var. *arizonica*), siete del género *Juniperus* y una del género *Taxodium* (apéndice 4). Pinaceae es la familia con mayor número de especies en el estado, una corresponde al género *Abies* (*A. durangensis*), una a *Pseudotsuga* (*P. menziesii*; figura 1) y 17 a *Pinus* (apéndice 4).

Seis de las especies de gimnospermas que habitan en Zacatecas están incluidas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). De ellas, los pinos piñoneros (*Pinus durangensis*, *P. cembroides* var. *bicolor* y *P. strobiformis*) y el acahuite (*Pseudotsuga menziesii glauca*) están sujetos a protección especial, mientras que el pino blanco (*P. pinceana*) y el pino azul o pino de Zacatecas (*P. maximartinezii*; figura 2)

Cuadro 1. Familias, géneros y especies de gimnospermas en el estado.

Familia	Géneros	Especies	Infraespecies
Cupressaceae	3	9	6
Ephedraceae	1	4	-
Pinaceae	3	19	4
Total	7	32	10

Fuente: elaboración propia.

Balleza-Cadengo, J.J., J. Ramírez-Prieto y M.J. Varela Flores. 2020. Gimnospermas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 147-149.



Figura 1. Piñas de *Pseudotsuga menziesii*, única especie representante del género. Foto: Carlos G. Velazco Macías/Banco de imágenes CONABIO.

se consideran en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). Durante mucho tiempo se consideró que esta última especie era endémica del estado; sin embargo, González-Elizondo *et al.* (2011) reportaron el primer registro de esta especie para Durango.

Importancia

Las gimnospermas son un grupo importante en términos ecológicos debido a que definen en gran medida la estructura de los ecosistemas boscosos, de donde son las especies más abundantes.

Los bosques de coníferas son de gran importancia económica, porque de ahí se obtienen grandes cantidades de madera y celulosa. Además, de los bosques de pino piñonero se extraen los piñones, un producto de importante valor comercial para las poblaciones locales (Fonseca 2003).



Figura 2. El pino azul (*P. maximartinezii*) está considerado en peligro de extinción por la NOM-059. Foto: Iván Montes de Oca/Banco de imágenes CONABIO.

Amenazas

En general para todo el país, los incendios forestales, la deforestación, la tala inmoderada y el sobrepastoreo son las principales amenazas de las gimnospermas (Gernandt y Pérez de la Rosa 2014). En Zacatecas el grupo más amenazado es el de las coníferas.

En los últimos años se ha observado la muerte de grandes árboles de pino a consecuencia del ataque de una plaga conocida como gusano descortezador; entre 2014 y 2015 se han visto afectadas alrededor de 1 700 ha de bosque por esta plaga (Montes de Oca 2015).

Conclusiones y recomendaciones

Existe un conocimiento adecuado del número de familias y géneros de gimnospermas nativas del estado. Sin embargo, es probable que en su territorio habiten poco más de las 32 especies que se citan en este trabajo, tomando en cuenta que para Durango se han registrado 52 especies (González-Elizondo *et al.* 1991) y para Coahuila 41

(Villareal 2001). Se sugiere hacer una exploración exhaustiva de la porción de Zacatecas que corresponde a la Sierra Madre Occidental para completar la lista de especies de gimnospermas nativas del estado.

Una meta prioritaria para la conservación de las gimnospermas nativas es disponer de un listado de especies completo. La información disponible ha permitido incluir el área de distribución natural del pino azul o pino de Zacatecas (*P. maximartinezii*) en el APRN Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043. Se considera necesario tomar medidas similares para proteger las otras tres especies de pino incluidas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y para evitar que desaparezca del estado la población conocida de *P. menziesii*.

Es importante dar el seguimiento oportuno y cercano a los problemas específicos que enfrentan las gimnospermas que se distribuyen en el estado, como la plaga del gusano descortezador, ya que es fundamental para conservar la diversidad de flora y evitar la pérdida de especies.

Referencias

- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental, México.
- Fonseca, R.M. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias* 69:64-65.
- Gernandt, D. y J.A. Pérez de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:126-133.
- González-Elizondo, M., S. González-Elizondo y Y. Herrera. 1991. *Listados florísticos de México. ix. Flora de Durango*. UNAM, México.
- González-Elizondo, M., M.S. González-Elizondo, L. Ruacho-González y M. Molina-Olvera. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. *Acta Botanica Mexicana* 96:36-48.
- Montes de Oca, C. 2015. *Gusano descortezador afecta 1 700 hectáreas de bosque*. En: <<http://ntrzacatecas.com/2015/10/07/gusano-descortezador-afecta-mil-700-hectareas-de-bosque/>>, última consulta: noviembre de 2016.
- 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. Texto vigente.
- IUCN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. *The IUCN red list of threatened species*. En: <http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2013_1_RL_Stats_Table1.pdf>, última consulta: marzo de 2014.
- Villanueva-Almanza, L. y R.M. Fonseca. 2011. Revisión taxonómica y distribución geográfica de *Ephedra* (Ephedraceae) en México. *Acta Botanica Mexicana* 96:79-116.
- Villarreal, J.A. 2001. *Listados florísticos de México. xxii. Flora de Coahuila*. UNAM, México.
- Villaseñor, J.L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.

Angiospermas

José de Jesús Balleza Cadengo • Miguel Adame González

Las angiospermas son plantas vasculares con raíces, tallos, hojas y flores que se reproducen sexualmente por semillas, las cuales se encuentran encerradas en una estructura especial denominada fruto (Cronquist 1977). Son el grupo más numeroso en el mundo con cerca de 268 mil especies (UICN 2013) divididas en las clases Dicotyledoneae (dicotiledóneas) y Monocotyledoneae (monocotiledóneas; Heywood 1985).

Diversidad

En México existen 22 259 especies de angiospermas, de las cuales, 17 736 son dicotiledóneas y 4 523 son monocotiledóneas (Villaseñor 2004).

Con base en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2013) y la base de datos del herbario de la Universidad Autónoma de Zacatecas, se obtuvo una lista de 2 443 especies de plantas con flores registradas para el estado (apéndice 5).

Estas se distribuyen en 769 géneros, 134 familias y 55 órdenes. A la clase Dicotyledoneae (Magnoliopsida) corresponden 107 familias, 620 géneros y 1 918 especies, cifra que representa 11% del total de especies de dicotiledóneas del país (Villaseñor 2004). Por su parte, Monocotyledoneae (Liliopsida) agrupa 27 familias, 149 géneros y 525 especies, que corresponden a 12% del total de las monocotiledóneas del país (Villaseñor 2004). Las familias con mayor número de géneros y especies en Zacatecas son: Asteraceae, Poaceae, Leguminosae, Cactaceae y Euphorbiaceae (cuadro 1, figura 1).

En cuanto a su distribución, 497 especies de angiospermas son endémicas (solo se distribuyen en México), y otras únicamente se distribuyen

Cuadro 1. Familias de angiospermas con mayor número de géneros y especies.

Familia	Géneros	Especies
Asteraceae	153	535
Poaceae	86	339
Leguminosae	56	234
Euphorbiaceae	10	76
Cactaceae	20	75
Solanaceae	13	62
Lamiaceae	12	53
Brassicaceae	23	45
Cyperaceae	10	42
Apocynaceae	14	39
Fagaceae	1	37
Convolvulaceae	7	36
Malvaceae	15	36
Acanthaceae	11	31
Amaranthaceae	9	31
Verbenaceae	9	29
Plantaginaceae	10	27
Rubiaceae	13	26

Fuente: elaboración propia.

en Zacatecas, tales como *Agave oroensis*, *Tillandsia moronesensis*, *Tillandsia subinflata* y *Verbesina parviflora* var. *parviflora*.

Estado de conservación

Con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en el estado existen al menos 24 especies de angiospermas en alguna categoría de riesgo: dos en peligro de extinción, seis se encuentran amenazadas y 16 están sujetas a protección especial (cuadro 2; SEMARNAT 2010).

Conclusiones y recomendaciones

La riqueza florística de Zacatecas que se reporta en este trabajo es inferior a la de estados circunvecinos,

Balleza-Cadengo, J.J. y M. Adame-González. 2020. Angiospermas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 150-152.

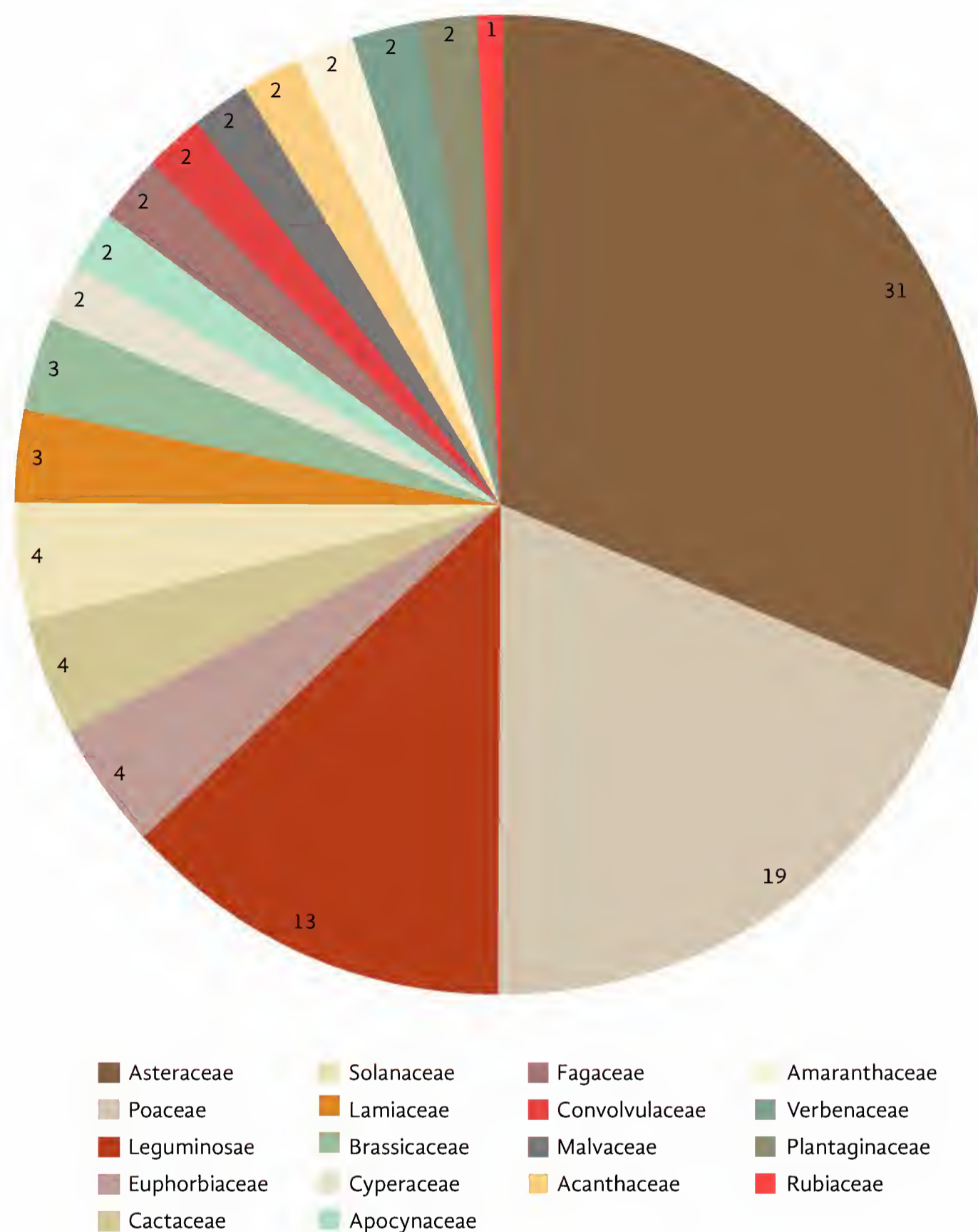


Figura 1. Familias de angiospermas con mayor porcentaje de especies. Fuente: elaboración propia.

como Coahuila (3 125 especies) y Durango (3 288 especies; Villaseñor 2003). Es probable que esto se deba a que la riqueza florística del estado aún no se ha estudiado a profundidad. Una exploración botánica exhaustiva del territorio zacatecano podría aproximar su riqueza a las 3 mil especies, según estimaciones realizadas por expertos.

Las 2 443 especies reportadas en este trabajo corresponden aproximadamente a 81% de las

que se espera encontrar, lo cual indica que en la actualidad existe un conocimiento aceptable de las plantas con flores de Zacatecas. Sin embargo, se recomienda realizar una revisión bibliográfica exhaustiva, revisar los ejemplares de herbario que respaldan los registros adicionales y apoyar la exploración botánica de áreas poco recolectadas para tener un conocimiento más completo de la riqueza florística del estado.

Cuadro 2. Especies de angiospermas bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059.

Nombre común	Nombre científico	NOM-059
-	<i>Hymenocallis concinna</i>	P
Laurel silvestre	<i>Litsea glaucescens</i>	P
Sotol	<i>Dasyliirion acrotriche</i>	A
-	<i>Glandulicactus uncinatus uncinatus</i>	A
-	<i>Hesperalbizia occidentalis</i>	A
-	<i>Sideroxylon capiri</i>	A
-	<i>Tabebuia chrysantha</i>	A
-	<i>Trifolium wormskioldii</i>	A
Zaya	<i>Amoreuxia palmatifida</i>	Pr
Peyote cimarrón	<i>Ariocarpus retusus</i>	Pr
-	<i>Digitaria paniculata</i>	Pr
Biznaga tonel grande	<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Pr
Órgano pequeño flor de tierra	<i>Echinocereus pulchellus weinbergii</i>	Pr
Biznaga barril de acitrón	<i>Ferocactus histrix</i>	Pr
Biznaga barril de lima	<i>F. pilosus</i>	Pr
Peyote	<i>Lophophora williamsii</i>	Pr
Biznaga de cerro Mercado	<i>Mammillaria mercadensis</i>	Pr
Biznaga de Moeller	<i>M. moelleriana</i>	Pr
Amole cenizo	<i>Manfreda potosina</i>	Pr
Huevo de venado	<i>Peniocereus greggii</i>	Pr
Nardo de agua	<i>Polianthes palustris</i>	Pr
Nardo de Nueva Galicia	<i>P. platyphylla</i>	Pr
Biznaga ondulada costilluda	<i>Stenocactus coptonogonus</i>	Pr
-	<i>Tripsacum zopilotense</i>	Pr

P: peligro de extinción; A: amenazada; Pr: protección especial.

Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2010.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB)*. CONABIO, México.
- Cronquist, A. 1977. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental, México.
- Heywood, V.H. 1985. *Las plantas con flores*. Editorial Reverte, Barcelona.
- 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. Texto vigente.
- UICN. Union Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2013. *The iucn red list of threatened species. Versión 2013.1*. En: <http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2013_1_RL_Stats_Table1.pdf>, última consulta: 12 de febrero de 2014.
- Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencias* 28:1-7.
- . 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.

Distribución y abundancia del maguey mezcalero (*Agave salmiana crassispina*) en el sureste zacatecano

Ricardo David Valdez Cepeda • Fidel Blanco Macías • Martín Martínez Salvador
Surya Parra Tovar

El maguey o agave (género *Agave*) es una planta suculenta que pertenece a la familia botánica Agavaceae, de la cual existen 205 especies en México (García-Mendoza 2002). El maguey ha tenido gran importancia en el país por la amplia diversidad de usos que tiene, como materia prima en la elaboración de bebidas (pulque y mezcales), comidas (escamoles, gusano blanco y gusano rojo) y condimentos (sal de gusano y condimento para barbacoa; García-Mendoza 1995); como fibra para la elaboración de tejidos, cordeles, sacos, muebles, entre otros productos; en la construcción de cercos vivos, techos y tejados; como producto de limpieza en hogares, para la elaboración de jabón para la ropa, cepillos y estropajos; como forraje para el ganado en las épocas de sequía, y como plantas ornamentales (Granados 1993).

Estudios sobre el maguey verde

Históricamente, en la región semiárida del sureste de Zacatecas, que abarca los municipios de Pinos, Villa Hidalgo, Loreto, Noria de Ángeles y Villa García, se ha aprovechado el maguey verde o mezcalero (*Agave salmiana crassispina*; figura 1), principalmente para la producción de mezcal (Frayre 1996). Sin embargo, de 1991 al 2000, el auge en la comercialización del tequila generó una fuerte demanda del maguey verde como una alternativa complementaria a los azúcares necesarios para la elaboración de este producto, lo

que causó en esta región de Zacatecas, la sobreexplotación de la planta con un mínimo impacto económico, pues no ha favorecido el desarrollo regional ni la calidad de vida de sus habitantes (Martínez-Salvador *et al.* 2005). Así pues, con el propósito de contar con información actualizada que permita la toma de decisiones acertadas sobre su aprovechamiento y conservación, se analizó la distribución y abundancia del maguey verde en el sureste zacatecano (Martínez-Salvador *et al.* 2005). Para ello, se realizó un análisis fotogramétrico de la vegetación de la zona y se muestrearon 154 parcelas de 250 m² durante el 2003, lo cual permitió actualizar mapas digitalizados de distribución y abundancia de *A. s. crassispina*.

Los resultados permitieron identificar cuatro unidades ambientales donde el maguey es la principal especie vegetal comercial: 1) densidad alta, donde la cobertura vegetal observada fue mayor a 40%; 2) densidad media, donde la cobertura vegetal fue de 20 a 40%; 3) densidad baja, donde la cobertura vegetal fue menor a 20%; y 4) densidad mínima, donde se observaron individuos de maguey aislados, o bien donde no los hubo.

Según su etapa fenológica, las plantas de maguey se clasificaron de la siguiente manera:

a. juvenil: plántulas de hasta 30 cm de altura que emergieron de las raíces de la planta madre dentro de un radio de 2 m;

Valdez-Cepeda, R.D., F. Blanco-Macías, M. Martínez-Salvador y S. Parra Tovar. 2020. Distribución y abundancia del maguey mezcalero (*Agave salmiana crassispina*) en el sureste zacatecano. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 153-156.

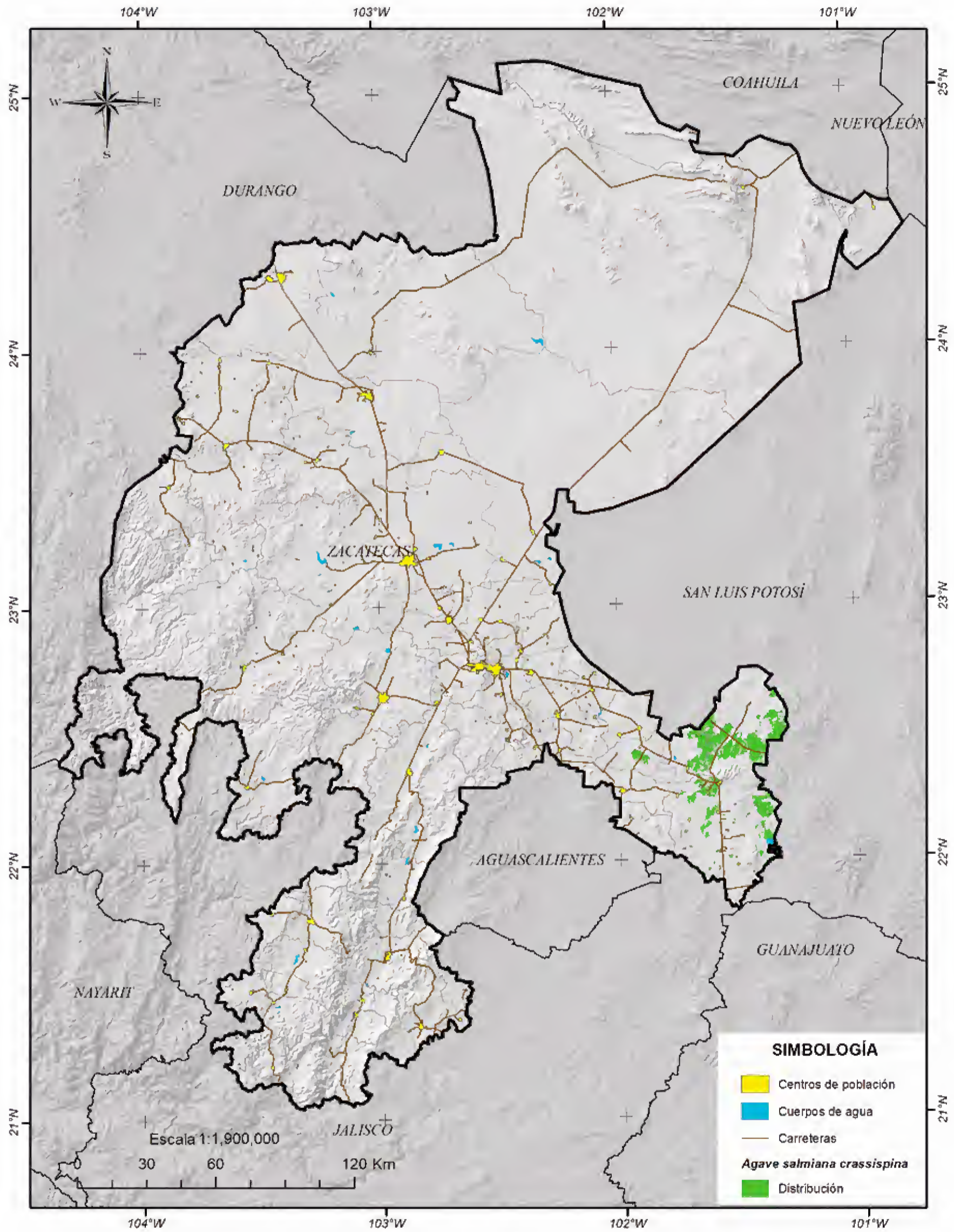


Figura 1. Superficie de distribución y abundancia de *Agave salmiana crassispina* en el sureste del estado. Fuente: Martínez-Salvador *et al.* 2005.

b. prerreproductiva: plantas mayores que las juveniles, independientes de la planta madre que aún no son capaces de manifestar reproducción por clones;

c. reproductiva: plantas que ya han iniciado la capacidad de reproducirse mediante plántulas. Esta etapa termina cuando las plantas inician la reproducción sexual, y

d. madurez: planta que ha iniciado la etapa de reproducción sexual.

El agave se encuentra distribuido en la región centro norte del municipio de Pinos, en la parte oeste de Villa Hidalgo y en la parte central del municipio de Noria de Ángeles, en una superficie total de 59 905.11 ha, de las cuales 59.9% (34 088.4 ha) presentaron una abundancia baja; 29.1% (17 441.1 ha) media; 12.08% (7 233.7 ha) mínima; y 1.9% (1 141.9 ha) alta (Martínez-Salvador *et al.* 2005).

Cabe destacar que en 98% del área de distribución reportada en este estudio (58 763.2 ha), el agave se encuentra en un grado menor de abundancia y asociado a otras especies, como al sangre de grado (*Jatropha dioica*), los nopales (*Opuntia leucotricha*, *O. robusta*), la gobernadora (*Larrea divaricata*), el gatuño (*Mimosa biuncifera*), el hojásén (*Flouencia cernua*), el cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) y el huizache (*Acacia vernicosa* y *Acacia schaffneri*), con las que forma diferentes comunidades vegetales, como nopaleras, matorrales inermes y matorrales subinermes. Por su parte, solo en 1 141.93 ha (1.9% del total) es la especie dominante,

lo cual indica la fuerte presión a la que han sido sometidas en esta región del estado (Martínez-Salvador *et al.* 2005).

En el cuadro 1 se presenta un resumen de la estructura de las poblaciones de agave en la región de estudio, así como una estimación del número total de individuos que existen por etapa fenológica (Martínez-Salvador 2005).

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos indican que en el sureste zacatecano las poblaciones naturales de agave verde han disminuido considerablemente. Este efecto está asociado al sobrepastoreo de los pastizales, a la apertura de tierras para el cultivo y a su aprovechamiento sin respetar los permisos correspondientes e incumpliendo con el artículo 62 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (SEMARNAT 2003). La extracción irregular e ilegal ha afectado a las poblaciones naturales y, en consecuencia, su aprovechamiento no se ha reflejado en el mejoramiento de la calidad de vida de sus propietarios (Martínez-Salvador *et al.* 2005), ni sus municipios, los cuales presentan los mayores índices de marginación en el estado (CONAPO 2006).

Es imprescindible incrementar la superficie de agave verde en esta región mediante la reforestación, para lo cual deben considerarse ciertos aspectos técnicos, pues son plantas propagadas con el mismo material genético de la región, además de que se deben tomar en cuenta las condiciones ambientales donde crece y se desarrolla mejor, en

Cuadro 1. Superficie de distribución y abundancia de *Agave salmiana crassispina* en el sureste del estado.

Abundancia	Superficie (ha)	Número de plantas (etapa fenológica)/ha				Número de plantas/ha	Número de plantas en la superficie
		Juveniles	Prerreproductivas	Reproductivas	Maduras		
Alta	1 141.9	993.3	828.3	696.7	606.7	3 125.0	3 568 531.25
Media	17 441.1	267.7	212.3	273.8	138.5	892.3	15 562 841.17
Baja	34 088.4	209.0	187.1	160.0	169.0	725.2	24 719 515.14
Mínima	7 233.7	198.7	161.2	162.5	130.0	652.5	4 720 021.88
Total	59 905.1						48 570 909.43

Fuente: elaboración con base en Martínez-Salvador *et al.* 2005.

especial con respecto al tipo de suelo y el relieve (Martínez-Salvador *et al.* 2007). Esta estrategia debe ser soportada por los programas gubernamentales que han y seguirán operando en la región, tales como el Programa nacional de reforestación (PRONARE), Programa de conservación de ecosistemas forestales (PROCOREF) y ProÁrbol.

Asimismo, es importante propiciar la diversidad de actividades y productos de interés económico

en los que el maguey verde sea el soporte básico (Parra-Tovar 2008); por ejemplo, en la industria de aguamiel, miel de maguey, gusanos y escamoles, y productos artesanales basados en la fibra del maguey. Sin embargo, esto debe ir acompañado del desarrollo de capacidades técnicas en la población a fin de propiciar la producción de mercancías de calidad y en volúmenes suficientes para atender a los mercados actuales (Parra-Tovar 2008).

Referencias

- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2006. *Índices de marginación*. CONAPO, México.
- Frayre, I. 1996. *Proyecto de desarrollo rural de las comunidades marginadas de las áreas ixtecas en el estado de Zacatecas*. (Proyecto FIDA zona ixteca). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismo de la familia Agavaceae en México. En: *Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*. E. Linares, P.F. Dávila, R.B. Chiang y T. Elias (eds.). UNAM, México, pp. 51-75.
- . 2002. Distribution of the genus *Agave* (Agavaceae) and its endemic species in Mexico. *Cactus and Succulent Journal* 74:177-187.
- Granados, S.D. 1993. *Los agaves en México*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Martínez-Salvador, M., L.F. Beltrán-Morales, R.D. Valdez-Cepeda *et al.* 2007. Assessment of sustainability performance on the utilization of agave (*Agave salmiana* spp. *crassispina*) in Zacatecas, Mexico. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 14(4):362-3711.
- Martínez-Salvador, M., R.D. Valdez-Cepeda, L.F. Beltrán-Morales *et al.* 2005. Distribution and density of maguey plants in the arid Zacatecas plateau, México. *Journal of Arid Environments* 61(4):525-534.
- Parra-Tovar, S. 2008. *El papel del maguey en el desarrollo de la región sureste de Zacatecas*. Tesis de maestría en desarrollo rural regional. Centro Regional Universitario Centro Norte-Universidad Autónoma Chapingo, Zacatecas.
- SEMARNAT. Secretaría de 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 24 de enero de 2017.

Distribución y densidad del sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*) en el ejido El Jazmín, municipio de Mazapil

Alfredo Robles Esparza • Ricardo David Valdez Cepeda • Hermes Robles Berumen

El sotol es un miembro de la familia Nolinaceae, nativo de México y del suroeste de los Estados Unidos (Laferrière 1991, Kelch 2002). Su nombre genérico es *Dasyilirion*, el cual procede de *dasy* y *lirio* que significa “lirio blanco” (Gledhill 1992), y reúne aproximadamente a 16 especies (Bogler 1998). Una de ellas, el sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*), es una planta de estructura media a robusta, con un tallo simple o con dos o tres brazos y hojas regularmente extendidas, que habita

en pastizales y matorrales desérticos (figura 1) sobre laderas, con suelos ricos en roca caliza y casi confinado a Durango, Coahuila, Zacatecas (Henrickson y Johnston 1997) y el norte de San Luis Potosí (Rzedowsky 1964, Hernández 2006).

En Zacatecas el sotol ceniza abunda sobre amplias áreas del norte, específicamente en la región conocida como semidesierto noreste, conformada por los municipios de Mazapil, Concepción del



Figura 1. Las poblaciones de sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) y palma (*Yucca* spp.) se mezclan con otros arbustos desérticos sobre los cerros en El Jazmín, Mazapil. Foto: Alfredo Robles-Esparza.

Robles-Esparza, A., R.D. Valdez-Cepeda y H. Robles Berumen. 2020. Distribución y densidad del sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*) en el ejido El Jazmín, municipio de Mazapil. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 157-162.

Oro, Melchor Ocampo y El Salvador. Sin embargo, la información sobre la situación exacta de las poblaciones del sotol ceniza en Zacatecas es escasa o nula, por lo que se llevó a cabo un estudio para determinar su distribución y densidad con el fin de promover y apoyar la propagación y plantación artificial de esta especie, así como para contar con elementos para afrontar el riesgo en caso de una posible perturbación de sus poblaciones naturales. El estudio fue realizado por el Centro de Estudios Multidisciplinarios de la Universidad Autónoma de Zacatecas y financiado por el Fondo Mixto para el fomento de la investigación científica y tecnológica (FOMIX-CONACYT/Gobierno del Estado de Zacatecas) entre octubre de 2004 y abril de 2007, en el ejido El Jazmín del municipio de Mazapil.

Se estimó que las poblaciones de sotol ceniza ocurren en 2 422 ha del ejido El Jazmín, lo que representa poco más de una quinta parte de su superficie (21.9%), y que su abundancia fue del orden de 980 143 plantas (cuadro 1, figuras 2, 3 y 4; Robles-Esparza 2011). Asimismo, se identificaron cuatro unidades de densidad donde se localiza esta especie: mínima (1-200 plantas/ha), baja (201-350 plantas/ha), media (351-500 plantas/ha) y alta (501-2 380 plantas/ha; cuadro 1).

La densidad alta del sotol ceniza representa 5.4% (623 ha) del ejido El Jazmín y se presenta sobre tierras suavemente onduladas y lomas con pendientes de hasta 5% (figura 5). Las densidades media y baja del sotol ceniza se observaron en 642 y 578 ha, respectivamente. La densidad mínima del sotol ceniza se aprecia en una superficie de 579 ha que abarca una franja continua de montañas. La densidad promedio estimada de *D. cedrosanum* resultó en 771 plantas/ha en la zona de densidad alta, mientras que en las otras tres áreas fue notablemente menor (cuadro 1; Robles-Esparza 2011).

Cabe señalar que se observó que la densidad del sotol ceniza es mayor en el noreste (que presenta menor altitud) y menor en el sureste (con mayor altitud). Este mismo patrón fue observado por Muller (1947) en el vecino estado de Coahuila. Asimismo, es probable que la distribución y la densidad de esta especie tengan la misma tendencia en los ejidos adyacentes de San Rafael y Caopas, al sur y norte del ejido El Jazmín, respectivamente.

La evidencia presentada en este trabajo sugiere que, en general, las poblaciones de sotol están relativamente saludables, tanto en términos de abundancia como de desarrollo de sus individuos. Por esta razón es de suma importancia conservar

Cuadro 1. Categorías de densidad y sus características para el sotol ceniza (*Dasyliirion cedrosanum*) en el ejido El Jazmín, Mazapil.

Categoría de densidad (plantas/ha)	Especies coexistentes en orden de frecuencia	Altitud	Número de plantas	Área (ha)	Densidad media (plantas/ha)
Mínima (0-200)	Barreta (<i>Helietta parviflora</i>), lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>), pino (<i>Pinus</i> spp.)	2 200-2 350	77 032	578.8	133.09
Baja (201-350)	Barreta, pino, palma (<i>Yucca</i> spp.), lechuguilla, nopal (<i>Opuntia</i> spp.), zacate banderita (<i>Bouteloua</i> spp.)	2 050-2 350	155 927	578.3	269.63
Media (351-500)	Nopal, barreta, cenizo (<i>Leucophyllum griceus</i>), lechuguilla, nopal, cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)	2 100-2 250	266 544	641.7	415.37
Alta (501-2 380)	Cenizo, nopal, lechuguilla, gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>), gatuño (<i>Mimosa biuncifera</i>), nopal	2 000-2 100	480 640	623.4	770.99
Total			980 143	2 422.2	404.86

Fuente: Robles-Esparza 2011.

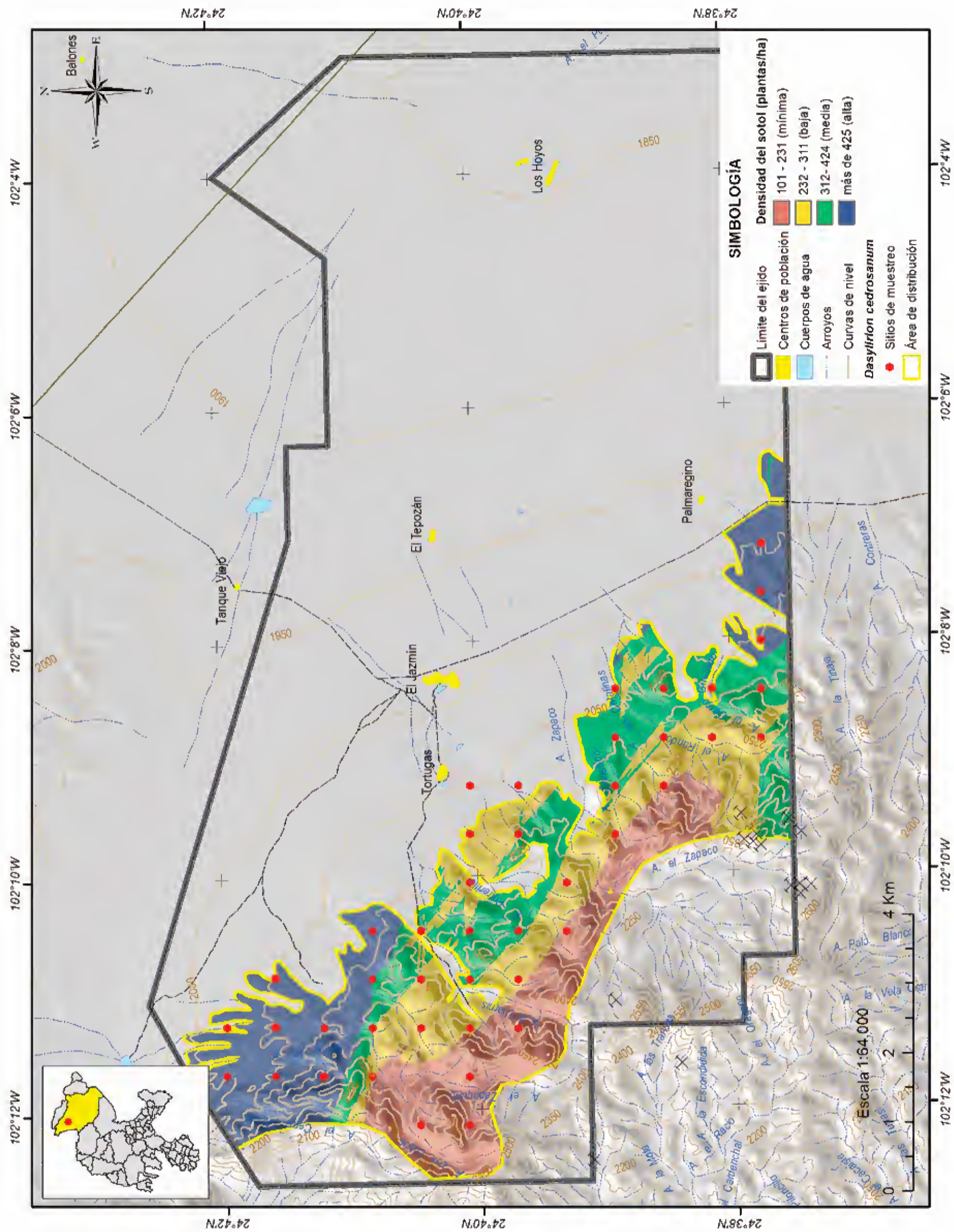


Figura 2. Distribución del sotol ceniza (*Dasyliiron cedrosanum*) y sus densidades en el ejido El Jazmín, Mazapil. Fuente: Robles-Esparza 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

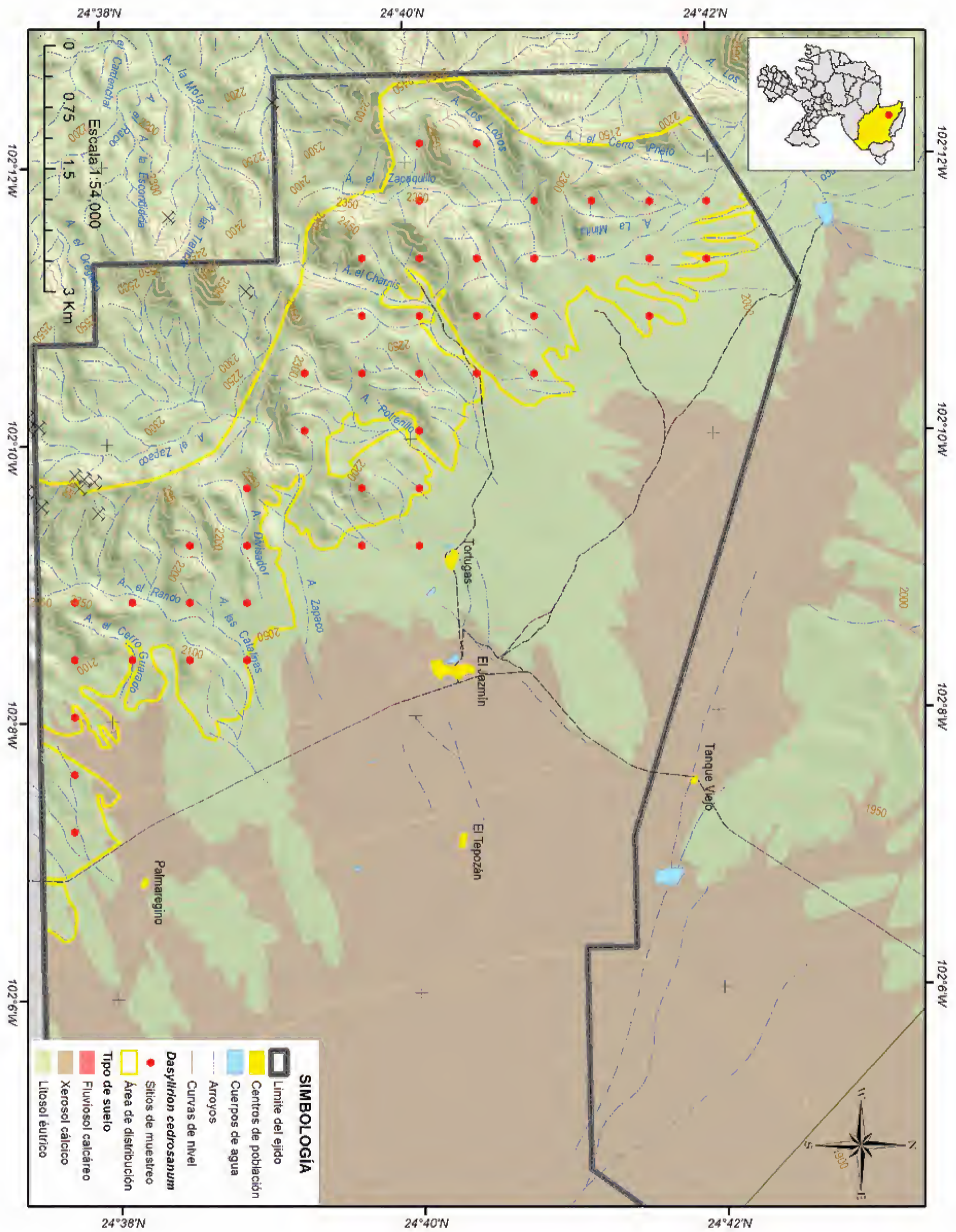


Figura 3. Distribución del sotol ceniza (*Dasyliro cedrosanum*) y tipos de suelo en el ejido El Jazmín, Mazapil. Fuente: Robles-Esparza 2011.

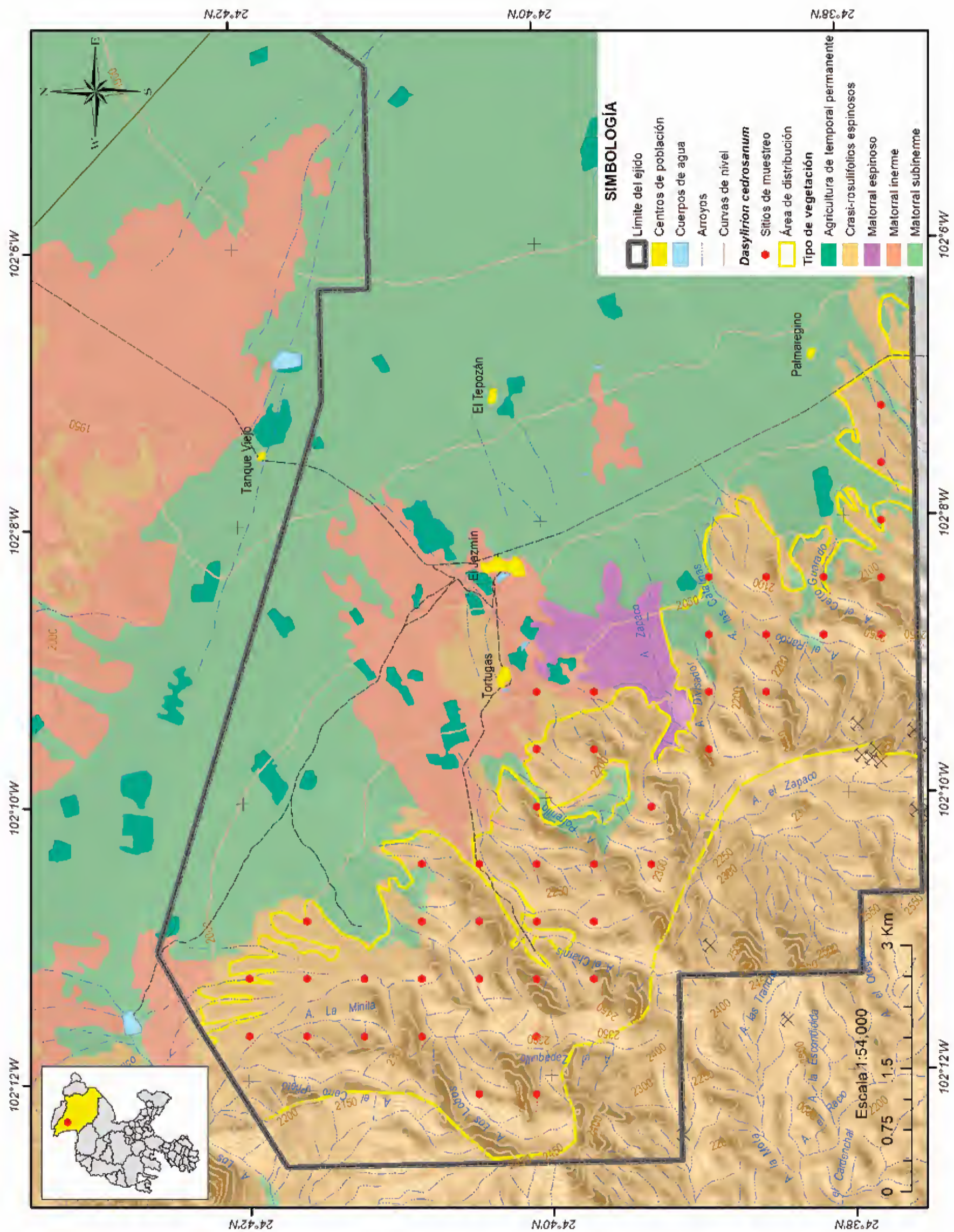


Figura 4. Distribución del sotol ceniza (*Dasyliiron cedrosanum*) y tipos de vegetación en el ejido El Jazmín, Mazapil. Fuente: Robles-Esparza 2011.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 5. Evidencia de la dominancia de la distribución del sotol (*Dasyilirion cedrosanum*) sobre pequeños lomeríos suavemente inclinados al borde de la sierra El Solitario de Teyra, en El Jazmín, Mazapil. Foto: Alfredo Robles-Esparza.

la dinámica actual de las poblaciones de esta especie, evitando en lo posible perturbaciones de origen humano que mermen esa condición. Para ello se debe diseñar un plan de manejo integral que incluya la regulación de su explotación, como ya lo contemplan las normas oficiales mexicanas relativas a esta especie (NOM-005-SEMARNAT-1997, NOM-007-SEMARNAT-1997 y NOM-159-SCFI-2004) y,

además, realizar su propagación y plantación artificial en aquellas áreas que tienen menor densidad (tal es el caso de las áreas identificadas con densidades mínima, baja y media), particularmente en aquellos sitios con las condiciones ecológicas más adecuadas de altitud, pendiente y suelos, para que su establecimiento y desarrollo tenga más probabilidades de éxito.

Referencias

- Bogler, J. 1998. Three new species of *Dasyilirion* (Nolinaceae) from México and a clarification of the *D. longissimum* complex. *Brittonia* 50(1):71-86.
- Gledhill, D. 1992. *The names of plants*. Cambridge University Press, Inglaterra.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. *Flora of the Chihuahuan Desert region*. Vol. 1 y 2. J. Henrickson, Los Ángeles.
- Hernández, M.H. 2006. *La vida en los desiertos mexicanos*. FCE, México.
- Kelch, G.D. 2002. Consider the lilies. *Fremontia* 30:23-29.
- Laferrière, E.J. 1991. *Dasyilirion wheeleri* var *durangense*: A new combination in the Nolinaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78(2):516-520.
- Muller, C.H. 1947. Vegetation and climate of Coahuila, Mexico. *Madroño* 9:1-32.
- Robles-Esparza, A. 2011. *Distribución, densidad, factores ecológicos y valor forrajero del sotol (Dasyilirion cedrosanum Trel.) en el noreste de Zacatecas, México*. Tesis de doctorado en ciencias pecuarias. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Rzedowsky, J. 1964. Botánica económica. En: *Las zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos*. E. Beltrán (ed.). Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, pp. 135-152.
- SCFI. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2004. *Norma Oficial Mexicana NOM-159-SCFI-1997*. Publicada el 16 de junio de 2004 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1997. *Norma Oficial Mexicana NOM-005-SEMARNAT-1997*. Publicada el 20 de mayo de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 1997. *Norma Oficial Mexicana NOM-007-SEMARNAT-1997*. Publicada el 30 de mayo de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Flora de la presa San Pedro y áreas adyacentes

Enrique David Enríquez Enríquez • José Jesús Sigala Rodríguez
María del Refugio Vacío de la Torre • Elizabeth Aurelia Martínez Salazar

La presa San Pedro se encuentra en el municipio de Cuauhtémoc, Zacatecas; forma parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y de la subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos (DETENAL 1980a). En esta región predomina el clima cálido seco BS1kw (DETENAL 1980b), la temperatura media anual es de 16.4°C y la precipitación media anual es de 430 mm (Medina y Ruiz 2004). Las lluvias se presentan en el verano, por lo que el área presenta un mayor colorido a partir del mes de agosto y durante los meses de otoño (figura 1).



Figura 1. Presa San Pedro, municipio de Cuauhtémoc, en la época seca. Foto: David Enríquez.

El propósito específico de este trabajo fue inventariar la flora vascular, así como definir los índices de rareza de las especies (Rabinowitz 1981) con objeto de establecer criterios medibles que permitan elaborar estrategias para la conservación de las poblaciones de plantas en el área. Este estudio forma parte de un proyecto más amplio denominado “Biodiversidad y percepción de su conservación en la presa San Pedro y área de influencia, Ciudad Cuauhtémoc, Zacatecas, México”.

Para el análisis florístico se recolectaron 2 165 ejemplares de plantas vasculares durante el periodo de enero de 2005 a diciembre de 2007. Se identificaron 470 especies pertenecientes a 267 géneros y 75 familias (cuadro 1).

Del análisis florístico se destaca que 125 (26.6% del total registrado) especies son endémicas de México; 12 (2.5%) son exóticas y cinco (1.06%) se encuentran en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), en la categoría de sujetas a protección especial (cuadro 2).

Por otra parte, algunas de las especies, como la dalia amarilla (*Coreopsis mcvaughii*), la cebolleta

Cuadro 1. Resumen de las especies de plantas registradas en la presa San Pedro y áreas adyacentes.

Clase	Órdenes	Familias	Géneros	Especies	Total de especies reportadas para el estado* (%)
Magnoliopsida (dicotiledóneas)	32	61	210	364	1 907* (19.0)
Liliopsida (monocotiledóneas)	8	11	52	92	522* (17.6)
Polypodiopsida	1	1	3	10	57* (17.5)
Lycopodiopsida	1	1	1	3	10* (30.0)
Pinopsida	1	1	1	1	28 (3.6)
Total	43	75	267	470	

* Ver “Angiospermas”, “Pteridophyta” y “Gimnospermas” en esta misma obra.

Entre paréntesis se muestra el porcentaje representado en el área de estudio.

Fuente: elaboración propia.

Enriquez, E.D., J.J. Sigala-Rodríguez, M.R. Vacío de la Torre y E.A. Martínez-Salazar. 2020. Flora de la presa San Pedro y áreas adyacentes. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 163-164.

Cuadro 2. Especies en riesgo presentes en la presa San Pedro y áreas adyacentes; todas están clasificadas como sujetas a protección especial según la NOM-059.

Familia	Especie	Nombre común
Cactaceae	<i>Ferocactus histrix</i>	Biznaga barril de acitrón
	<i>Mammillaria melanocentra</i>	Biznaga grande rojiza
	<i>M. moelleriana</i>	Biznaga de Moeller
	<i>M. perezdelarosae</i>	-
Poaceae	<i>Tripsacum zopilotense</i>	Zacatón

Fuente: SEMARNAT 2010.

(*Hemiphylacus novogalicianus*), la orquídea de tierra (*Stenorhynchus michuacanus*) y la conocida como gallitos (*Tillandsia schiedeana*), adquieren mayor relevancia para la conservación, porque mediante el análisis de rareza se determinó que son de distribución espacial estrecha, sus poblaciones son pequeñas y crecen en hábitats restringidos. La cebolleta, reportada para los estados de Aguascalientes (Hernández 1995) y Zacatecas (en el presente trabajo), empieza a rebrotar a partir del mes de abril, por lo que es una de las primeras plantas en ofrecer hojas verdes y frescas, que son apetecibles por algunos animales. Algunos profesionales de la veterinaria y ganaderos de la región informan que estas plantas también forman parte de la dieta del ganado vacuno, que se hace adicto a su consumo y

les provoca la muerte, razón por la cual se ha planteado su eliminación del área. Esta es una situación de riesgo para esta especie y un problema para la ganadería local, por lo que es urgente el estudio de la composición química de esta especie y la generación de antídotos para evitar los efectos mortales al ganado, asegurar la persistencia de la especie y ofrecer alternativas de solución a los ganaderos.

Dada la presencia de especies endémicas y en riesgo, se propone la difusión de este conocimiento a las comunidades que habitan la región y, en conjunto con los autores de este proyecto, se fomente la reproducción de las especies en riesgo, la repoblación y la promoción de la conciencia en favor de la reducción del impacto ambiental al ecosistema.

Referencias

- DETENAL. Dirección de Estudios del Territorio Natural. 1980a. *Carta estatal de regionalización fisiográfica. Escala 1:1 000 000*. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional-Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- . 1980b. *Carta estatal climática. Escala 1:1 000 000*. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional-Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- Hernández, L. 1995. Taxonomic study of the mexican genus *Hemiphylacus* (Hyacinthaceae). *Systematic Botany* 20(4):546-554.
- Medina, G.G. y J.A. Ruiz. 2004. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas. Periodo 1961-2003*. INIFAP, México.
- Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. En: *The Biological aspects of rare plant conservation*. H. Synge (ed.). Wiley, Nueva York, pp. 205-217.
- 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. Texto vigente.

Rotíferos

Joane Jessica Delgado Saucedo • Marcelo Silva Briano • José Jesús Sigala Rodríguez

Los rotíferos son un grupo de invertebrados que miden desde 50 μm hasta algunos milímetros de longitud. Conforman el zooplancton de los cuerpos de agua dulce, aunque también algunos de ellos son de aguas salobres y marinas (Fernández-Álamo y Rivas 2007). Se conocen entre 2 mil y 2 500 especies en todo el mundo, de las cuales, 283 existen en México (Sarma 1999), lo que representa 12.57% del total mundial.

Casi todos los rotíferos son herbívoros de vida libre o depredadores, algunos son epibiontes (organismos no parásitos que viven por lo menos una parte de su ciclo vital sobre otro organismo de mayor tamaño, al cual generalmente no le causan ningún problema); otros viven sobre musgos, algunos más son parásitos (Nogrady 1993) y otros son comensales (relación entre dos organismos, de la cual uno se beneficia y el otro no recibe ni perjuicio ni provecho; Hollowday 1949, May 1989). Los nadadores son miembros del plancton (comunidad de organismos acuáticos en flotación libre, en su mayoría microscópicos, que se encuentran en las capas superiores del agua; se dividen en fitoplancton y zooplancton), mientras que los sésiles viven permanentemente fijos a plantas dulceacuícolas y se encuentran formando parte del bentos (organismos que habitan el fondo de los cuerpos de agua y se fijan en un punto, excavan en el sedimento o simplemente deambulan por el fondo); una gran proporción son solitarios, pero existen hasta 25 especies formadoras de colonias (Thorp y Covich 2010).

La gran mayoría de los rotíferos que existen en vida libre son hembras y los machos solo se activan cuando las condiciones ambientales no son favorables y la disponibilidad de agua se ve comprometida (Smith 2001). La existencia de machos

implica la producción de huevos de resistencia, los cuales promueven la supervivencia y dispersión, lo que se considera como una adaptación a ambientes desfavorables (Hollowday 1949, Nogrady 1993).

Estos organismos tienen una morfología constituida por una región anterior o cabeza, en la cual se puede reconocer una estructura principal llamada corona, que está formada por una serie de cilios que tienen las funciones de capturar el alimento y de locomoción (figura 1). La segunda parte característica de este grupo es el tronco, en el que se encuentra el mástax (figura 2), que es una faringe muscular y quitinosa que funciona a manera de mandíbula y, finalmente, en la parte posterior de estos animales se puede reconocer un pie que suele tener glándulas adhesivas y posee unos dedos en la parte inferior con los que se adhieren al sustrato (Thorp y Covich 2010).

Importancia

Los rotíferos son una parte importante de la cadena trófica de los cuerpos de agua. Principalmente los dulceacuícolas, quienes como consumidores primarios transforman la materia orgánica en una forma distinta de alimento para los consumidores secundarios, como larvas de insectos, otros rotíferos y hasta alevines de peces (Nogrady 1993).

Son utilizados principalmente en la producción acuícola como alimento de peces en sus estadios juveniles, ya que son del tamaño adecuado para la boca de las larvas de peces, además de que son un alimento rico en proteínas, vitaminas y minerales, y se reproducen con facilidad y a un bajo costo (Sarma 1991).

Por otro lado, son empleados en el reconocimiento de la calidad del agua, ya que pueden

Delgado-Saucedo, J.J., M. Silva-Briano y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Rotíferos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 165-169.

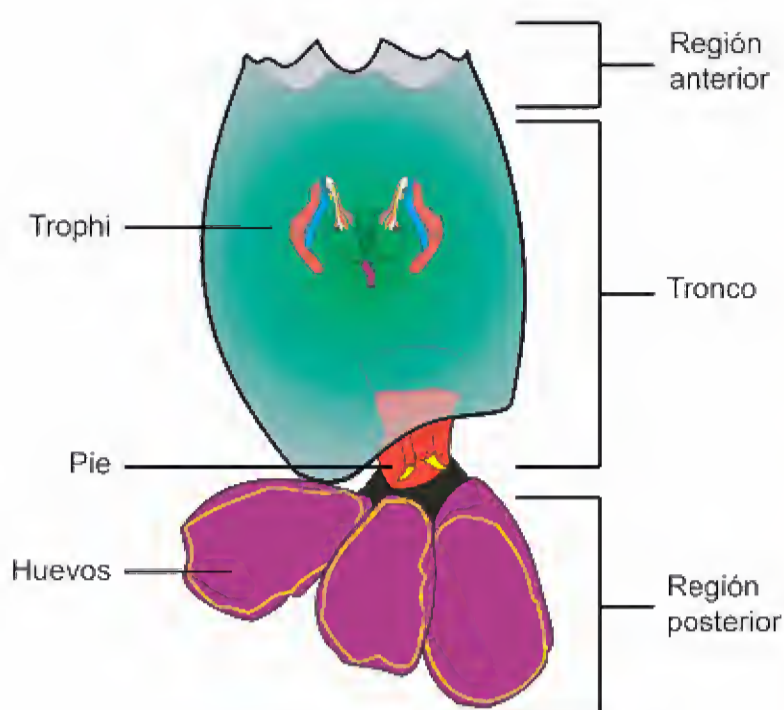


Figura 1. Morfología característica de un rotífero *Brachionus josefinae*. Ilustración: Ricardo Galván de la Rosa.

mostrar cambios bruscos en su morfología dependiendo de los nutrientes o tóxicos disponibles en el ambiente. El estudio prolongado de lagos ha demostrado que las poblaciones de rotíferos se modifican dependiendo de la calidad en la que se encuentra un cuerpo de agua (Elías-Gutiérrez y Sarma 1998). Otros estudios muestran que al exponerse a tóxicos las interacciones entre el zooplancton (presa-predador) suelen modificarse (Wallace y Snell 2010).

Estudio de los rotíferos en el estado

En Zacatecas el estudio de estos organismos apenas está en sus inicios. El único reporte registrado



Figura 2. Vista ventral del mástax de un rotífero *Brachionus havanaensis*. Foto: Araceli Adabache-Ortiz (microscopio electrónico de barrido JEOL LV 590).



Figura 3. Personal tomando muestras en un cuerpo de agua en Zacatecas. Foto: Joane Jessica Delgado-Saucedo.

hasta la fecha es el de Rico-Martínez y Silva-Briano (1993), que registraron doce especies de rotíferos en los municipios de Ojocaliente y Juchipila.

En el presente capítulo se muestran los resultados de una serie de muestreos (figura 3) llevados a cabo en 99 cuerpos de agua dulce a lo largo del estado, abarcando los municipios de Apozol, Apulco, Cuahutémoc, El Salvador, El Tule, Fresnillo, General Francisco R. Murguía, González Ortega, Guadalupe, Huanusco, Jalpa, Jiménez del Teúl, Juan Aldama, Loreto, Malpaso, Mazapil, Mezquital del Oro, Monte Escobedo, Moyahua de Estrada, Nochistlán de Mejía, Pinos, Río Grande, Saín Alto, San Marcos, Sombrerete, Tabasco, Tepechitlán, Teúl de González Ortega, Tlachichila, Tlaltenango, Trinidad García de la Cadena, Valparaíso, Villa García, Villa Hidalgo y Villa Nueva (figura 4). Estos fueron realizados a partir del año 2011 y hasta gran parte del año 2012 por investigadores de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) e investigadores y estudiantes de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), como parte del proyecto "Introducción al conocimiento de la microfauna dulceacuícola (Rotifera, Cladocera y Copepoda) del estado de Zacatecas (PIB11-1)" de la UAA.

Se obtuvieron un total de 99 muestras en las que se encontraron aproximadamente 48 especies (35 identificadas) agrupadas en 16 familias y

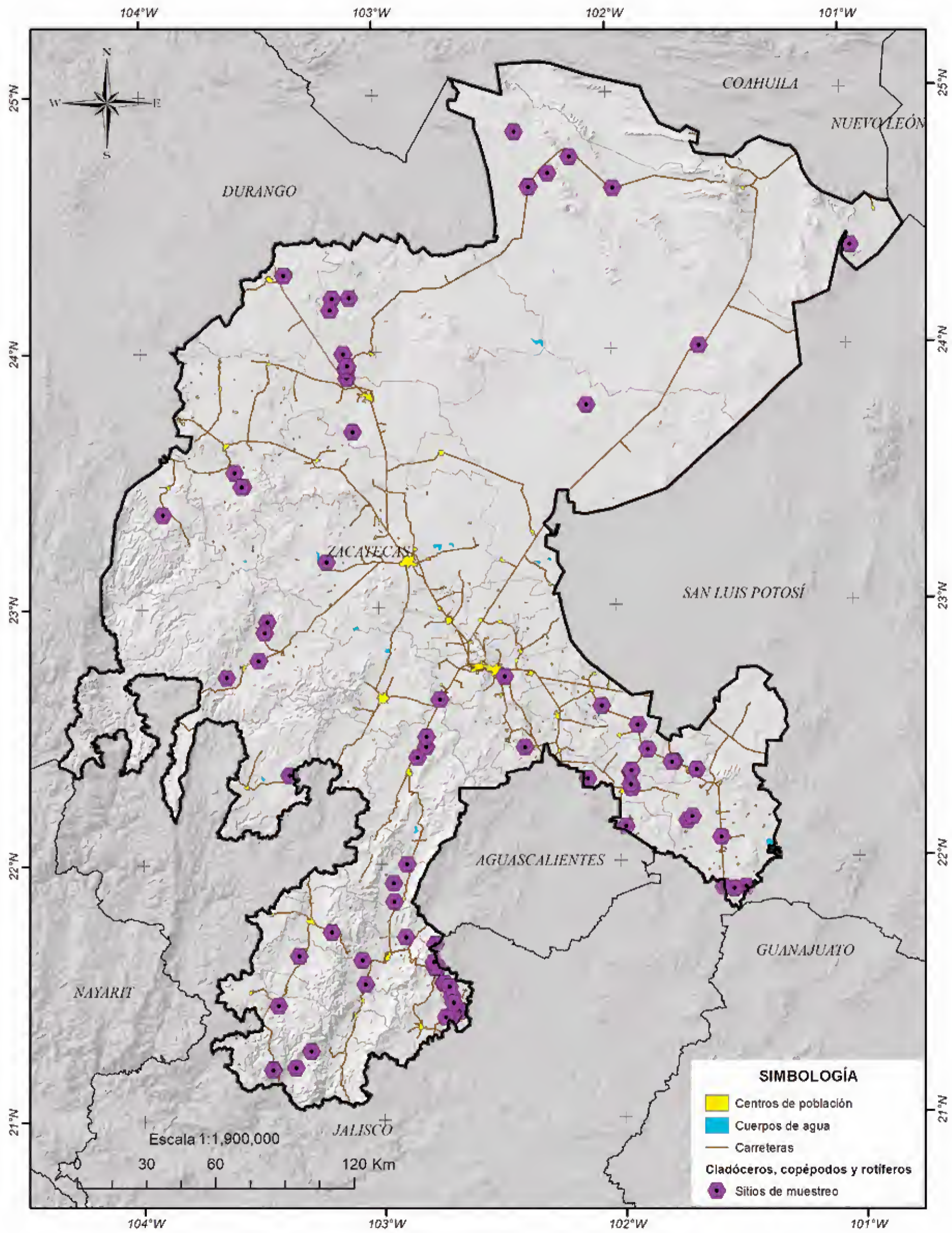


Figura 4. Sitios de muestreo de cladóceros, copépodos y rotíferos en cuerpos de agua del estado. Fuente: elaboración propia.

23 géneros (apéndice 6). Cabe mencionar que los resultados aquí presentados son preliminares, pues aún se continúa con la revisión de las muestras. Dentro de las especies encontradas se identificaron tres endémicas para México: *Brachionus araceliae* (figura 5), *B. josefinae* (figura 6) y *Keratella mexicana* (figura 7). Dichas especies son las

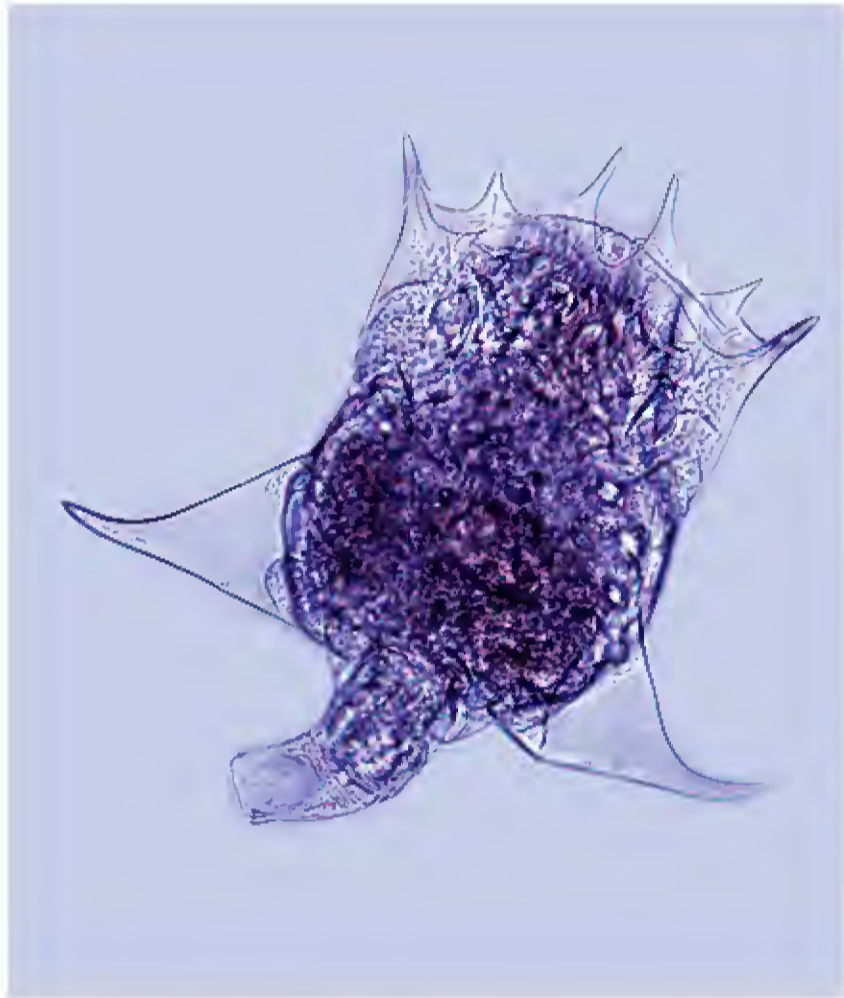


Figura 5. Hembra del rotífero *Brachionus araceliae*, especie endémica de México. Foto: Araceli Adabache-Ortiz (microscopio electrónico de barrido JEOL LV 590).

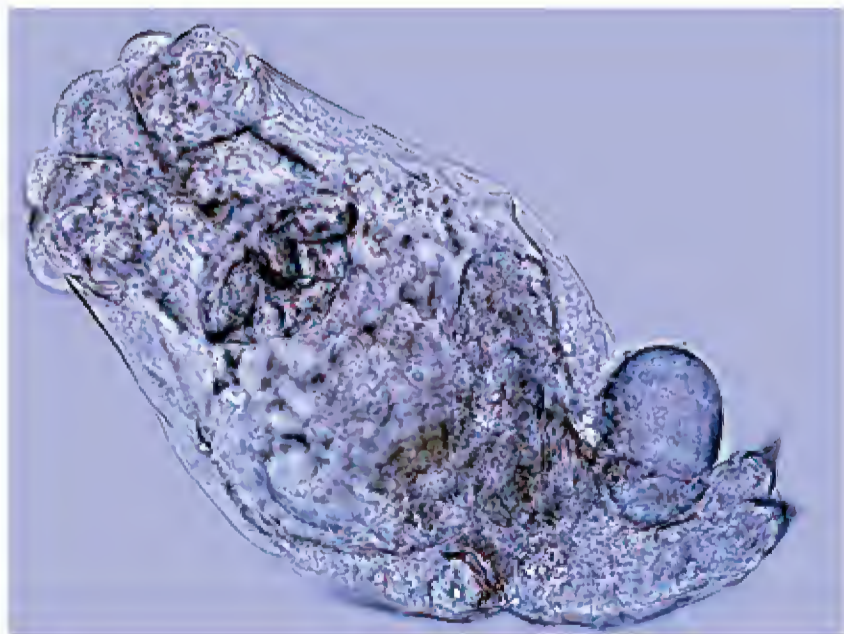


Figura 6. Hembra de *Brachionus josefinae*, especie endémica de México. Foto: Araceli Adabache-Ortiz (microscopio electrónico de barrido JEOL LV 590).



Figura 7. Hembra de *Keratella mexicana*, especie endémica de México. Foto: Araceli Adabache-Ortiz (microscopio electrónico de barrido JEOL LV 590).

únicas conocidas como meramente mexicanas y se encuentran únicamente en los estados de Aguascalientes, Sonora y Zacatecas, razón por la que es de suma importancia protegerlas.

Conclusiones y recomendaciones

Es importante destacar la necesidad de continuar el estudio de estos organismos en Zacatecas, ya que son de suma importancia dentro de la cadena alimenticia de los cuerpos de agua, al servir de alimento a los distintos vertebrados e invertebrados que los habitan. Esto toma mayor relevancia si se considera que los rotíferos forman parte del principal alimento de los peces y sus larvas, de los cuales depende la alimentación de muchas personas.

Como ya se mencionó anteriormente son relativamente fáciles de cultivar y suelen utilizarse como un alimento para la producción de peces, ya que se ha demostrado que estos prefieren un alimento vivo y no digieren el alimento seco, pues los resultados han probado que se aumenta la producción de larvas cuando se les alimenta con estos organismos.

El estudio de estos animales en el estado es casi nulo y es necesario destacar que con el presente capítulo se amplía la perspectiva en cuanto al conocimiento de la biodiversidad en Zacatecas. Los autores recomiendan que se continúe el estudio de los rotíferos, ya que todavía hay lugares donde

no se realizaron muestreos que pueden tener una alta diversidad de organismos y, debido a que Zcatecas se encuentra en una zona de alta diversidad

biológica, es posible que se realicen descubrimientos de nuevas especies o de especies que no se tenían reportadas para México.

Referencias

- Elías-Gutiérrez, M. y S.S.S. Sarma. 1998. Invertebrados acuáticos: Rotífera. En: *Enciclopedia de Quintana Roo*. M.C. Lavalle Torres, A. Higuera Bonfil y L.C. Vallarta Vélez (eds.). Juan Angel Xacur Maiza, México, pp. 327-343.
- Fernández-Álamo, M.A. y G. Rivas. 2007. *Niveles de organización en animales*. Las Prensas de Ciencias, México.
- Hollowday, E.D. 1949. A preliminary report on the Plymouth marine and brackish-water Rotifera. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 28:239-253.
- May, L. 1989. Epizoic and parasitic rotifers. *Hydrobiologia* 186/187:59-67.
- Nogrady, T. 1993. Guides of the identification of microinvertebrates of the continental waters of the world. Rotifera. En: *Biology, ecology and systematic*. SPB Academic Publishing, Países Bajos, pp. 142.
- Rico-Martínez, R. y M. Silva-Bariano. 1993. Contribution to the knowledge of the rotifera of Mexico. *Hydrobiologia* 255/256:467-474.
- Sarma, S.S.S. 1991. Rotifers and aquaculture (Review). *Environment & Ecology* 9(2):414-418.
- . 1999. Checklist of rotifers (Rotifera) from Mexico. *Environment & Ecology* 17(4):978-983.
- Smith, D.G. 2001. *Pennak's freshwater invertebrates of the United States: porifera to crustacean*. John Wiley & Sons Inc., Nueva York.
- Thorp, J.H., y A.P. Covich (eds.). 2010. *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. Academic Press, Canadá.
- Wallace, R.L. y T.H. Snell. 2010. Rotifera. En: *Ecology and classification of north american invertebrates*. J.H. Thorp y A.P. Covich (eds.). Academic Press, Canadá, pp. 173-234.

Cladóceros

Marcelo Silva Briano • Citlalli Tiscareño Sánchez • José Jesús Sigala Rodríguez

Los cladóceros son un grupo de crustáceos de tamaño pequeño (entre 0.5 y 3 mm) que han evolucionado para colonizar principalmente las aguas dulces, aunque existen unas cuantas especies que también han invadido los ambientes marinos (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008). Son un grupo muy diverso que pertenece al suborden de los branquiópodos, el cual posee alrededor de 400 especies (Brusca y Brusca 2005).

Descripción

Su cuerpo, que se divide en abdomen y postabdomen, está protegido por un caparazón que solo deja fuera la cabeza y las antenas, las cuales son usadas como apéndices nadadores. En la cabeza poseen un ojo compuesto (figura 1) que sirve para captar intensidades de luz. Los cladóceros forman parte del plancton, es decir, son organismos acuáticos que flotan en la superficie de los cuerpos de agua, aunque algunos también son excavadores y se alimentan de materia orgánica depositada en el sedimento. La mayoría de las especies se reproduce por partenogénesis (reproducción asexual en la que una hembra da origen a otras hembras sin ser fecundada por un macho), aunque en ciertos casos, como cuando se reduce la cantidad de agua disponible y existen condiciones ambientales adversas, se da la reproducción sexual (Brusca y Brusca 2005). Esta consiste en que las hembras partenogenéticas producen machos, que al fecundarlas crean una estructura de resistencia denominada efipio, que prepara al producto para enfrentar las condiciones adversas (Elías-Gutiérrez *et al.* 2008).

Importancia

Los cladóceros tienen gran importancia ecológica. En primer lugar porque forman parte de la red



Figura 1. Anatomía de un cladóceros (*Simocephalus* sp.). A: antena; OC: ojo compuesto; O: ocelo; I: intestino; C: corazón; E: embrión; P: postabdomen; CA: carapacho. Foto: Araceli Adabache-Ortiz.

trófica de los cuerpos de agua, es decir, debido a que son los consumidores primarios transforman la materia orgánica en una forma distinta de alimento para los consumidores secundarios. En México donde se les conoce vulgarmente como “pulgas de agua”, se utilizan desde hace muchos años como alimento vivo en los acuarios, lo que les confiere también importancia económica.

Por otro lado, los cladóceros pueden ser utilizados como indicadores biológicos, para medir cambios físicos (temperatura, turbiedad, nivel de agua, etc.) en lagos (Thorp y Covich 2010) e incluso en paleolimnología (estudio de eventos

antiguos ocurridos en los ecosistemas acuáticos), donde son utilizados como indicadores de cambios climáticos ocurridos en el pasado.

Actualmente destaca su utilización en estudios de toxicidad, es decir, son aprovechados para ver la capacidad de cualquier sustancia química de producir efectos nocivos en un ser vivo al entrar en contacto con él. De hecho, existe una norma oficial mexicana para estudios en toxicología basados en el cladóceros *Daphnia magna* (NMX-AA-087-SCFI-2010; Elías-Gutiérrez *et al.* 2008).

Estudio de los cladóceros en el estado

El estudio de las pulgas de agua en Zacatecas es muy escaso, de hecho, previo a este trabajo, no existían registros para el estado. Con la intención de conocer la diversidad y distribución de los cladóceros de Zacatecas, de enero a noviembre de 2011 se realizaron muestreos con redes cónicas para plancton (figura 2) en 99 cuerpos de agua de diversos municipios del estado (véase “Rotíferos”

en esta misma obra), de donde se obtuvieron alrededor de 100 muestras. La identificación de las especies se llevó a cabo utilizando los trabajos de Campos y Suárez-Morales (1994), Ciro-Pérez y colaboradores (1996), Dodson y Silva-Briano (1996), Ciro-Pérez y Elías-Gutiérrez (1997a, b); Dumont y Silva-Briano (1998), Silva-Briano y colaboradores (1999), Cervantes-Martínez y colaboradores (2000), Dumont y Silva-Briano (2000), Garfias-Espejo y Elías-Gutiérrez (2004), Brusca y Brusca (2005), Elías-Gutiérrez y colaboradores (2008), Kotov y colaboradores (2003), Kotov (2009), Thorp y Covich (2010).

Hasta el momento se cuenta con el registro de 41 especies agrupadas en siete familias y 14 géneros (apéndice 7). Algunas de las especies registradas son endémicas de la zona centro del país, por lo que gracias a este estudio se amplía su rango de distribución, como es el caso de *Macrothrix sierrafriatensis* y *M. mexicanus*. No obstante, hasta ahora no se tienen registros de especies nuevas descubiertas en el estado. Sin embargo, se encontró



Figura 2. Muestreo de plancton mediante red cónica tipo Wisconsin a un lado de la carretera a Villa García-Rancho Nuevo. Foto: Joane Jessica Delgado-Saucedo.

una *Daphnia* sp. (*Ctenodaphnia*) que no se ha podido identificar plenamente porque pertenece al subgénero *Ctenodaphnia* que, por lo general, contiene especies de gran talla, y la que se encontró es muy pequeña.

Conclusiones y recomendaciones

Es necesario continuar con el estudio de este grupo de invertebrados en Zacatecas por diversas razones. En primer lugar, porque tiene una gran importancia dentro de la red alimenticia de los cuerpos

de agua, lo cual puede ser aprovechado en proyectos productivos, por ejemplo de acuicultura, ya que forman parte de la dieta de los peces y sus larvas. Además, como indicadores biológicos, su presencia puede derivar en el descubrimiento de ciertas condiciones ambientales de interés, como contaminación o niveles de toxicidad en el agua provocados por pesticidas u otros químicos. Y por último, contar con más información sobre la biodiversidad de este grupo para la aplicación del conocimiento de estas especies en otros campos de la ciencia.

Referencias

- Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.
- Campos, A. y E. Suárez-Morales. 1994. *Copépodos del golfo de México y mar Caribe mexicano*. CIQRO/CONACYT, México.
- Cervantes-Martínez, A., M.A. Gutiérrez-Aguirre y M. Elías-Gutiérrez. 2000. Description of *Ilyocryptus nevadensis* (Branchiopoda: Anomopoda), a new species from a high altitude crater lake in the volcano Nevado de Toluca, Mexico. *Crustaceana* 73:311-321.
- Ciros-Pérez, J. y M. Elías-Gutiérrez. 1997a. *Macrothrix smirnovi*, a new species (Crustacea: Anomopoda: Macrothricidae) from Mexico, a member of the *M. triserialis*-group. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 110:115-127.
- . 1997b. *Spinalona anophtalma* n. gen. n. sp. (Anomopoda, Chydoridae) a blind epigeic cladoceran from the neovolcanic province of Mexico. *Hydrobiologia* 353:19-28.
- Ciros-Pérez, J., M. Silva-Briano y M. Elías-Gutiérrez. 1996. A new species of *Macrothrix* (Anomopoda: Macrothricidae) from central Mexico. *Hydrobiologia* 319:159-166.
- Dodson, S.I. y M. Silva-Briano. 1996. Crustacean zooplankton richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes state, Mexico. *Hydrobiologia* 325:163-172.
- Dumont, H.J. y M. Silva-Briano. 1998. A reclassification of the anomopod families Macrothricidae and Chydoridae, with the creation of a new suborder, the Radopoda (Crustacea: Branchiopoda). *Hydrobiologia* 384:119-149.
- . 2000. *Karualona* n. gen. (Anomopoda: Chydoridae), with a description of two new species, and a key to all known species. *Hydrobiologia* 435:61-82.
- Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M. Gutiérrez Aguirre et al. 2008. *Guía ilustrada de los microcrustáceos (Cladocera y Copepoda) de las aguas continentales de México*. ECOSUR/UNAM/CONABIO, México.
- Garfías-Espejo, T. y M. Elías-Gutiérrez. 2004. Antecedentes históricos y lista comentada de los cladóceros presentes en México. *Scientiae Naturae* 6:69-88.
- Kotov, A.A. 2009. A revision of *Leydigia* Kurrz, 1875 (Anomopoda, Cladocera, Branchiopoda), and subgeneric differentiation with the genus. *Zootaxa* 2082:1-84.
- Kotov, A.A., K. Van Damme y M. Elías-Gutiérrez. 2003. Differentiation between African *Leydigia ciliata* Gauthier, 1939 and Neotropical *L. cf. striata* Birabén, 1939 (Chydoridae, Anomopoda, Cladocera). *Hydrobiologia* 505:179-197.
- Silva-Briano, M., N.Q. Dieu y H.J. Dumont. 1999. Redescription of *Macrothrix laticornis* (Jurine, 1820), and description of two new species of the *M. laticornis*-group. *Hydrobiologia* 403:39-61.
- Thorp, J.H. y A.P. Covich. 2010. *Ecology and classification of North American fresh water invertebrates*. Elsevier, EUA.

Copépodos

Ramsés Núñez Álamo • Marcelo Silva Briano • José Jesús Sigala Rodríguez

Los copépodos (figura 1) son los crustáceos acuáticos más diminutos que existen. Su nombre, del griego *kope* (remo) y *podos* (patas), se refiere a la forma que tienen sus patas natatorias, similar a remos (Suárez-Morales y Gutiérrez-Aguirre 2001).

Su cuerpo, que está parcialmente segmentado y presenta un exoesqueleto quitinoso, puede tener forma cilíndrica, alargada, ovalada o redondeada (figura 2). En cada segmento se encuentran apéndices móviles, como son las antenas y el aparato bucal en la porción anterior, y los pares de patas en la porción posterior o tórax. En su mayoría son organismos transparentes, aunque en algunos casos presentan coloraciones en las extremidades, principalmente en el primer par de antenas (Thorp y Covich 2010).

Durante su vida los copépodos atraviesan por varias etapas de desarrollo hasta llegar al estado adulto. Su primera fase de vida es en forma larvaria, conocida como “nauplio” y consta de seis estadios; posteriormente pasan por otra fase llamada copepodito que consta de cinco estadios.

Son consumidores de fitoplancton, principalmente, y tienen predilección por presas grandes que sean fáciles de manipular con sus apéndices. Su reproducción es sexual; la fecundación la efectúan por medio de estructuras especializadas llamadas espermatóforos. Los huevos son cargados, por lo general, en sacos en pares, aunque algunos grupos presentan un solo saco o incluso una masa suelta de huevos (Huys y Boxshall 1991).

Importancia

Los copépodos, junto con los cladóceros y los rotíferos, son los componentes más relevantes del zooplancton dulceacuícola (Suárez-Morales y Gutiérrez-Aguirre 2001, Boxshall y Halsey 2004). Son la base de la red alimenticia de los cuerpos de agua donde habitan, pues son los consumidores primarios y a su vez sirven de alimento para los consumidores secundarios, como larvas de insectos, entre otros (Thorp y Covich 2010). Además, por su alto valor lipídico y proteico, son de los alimentos más importantes para el cultivo de peces.

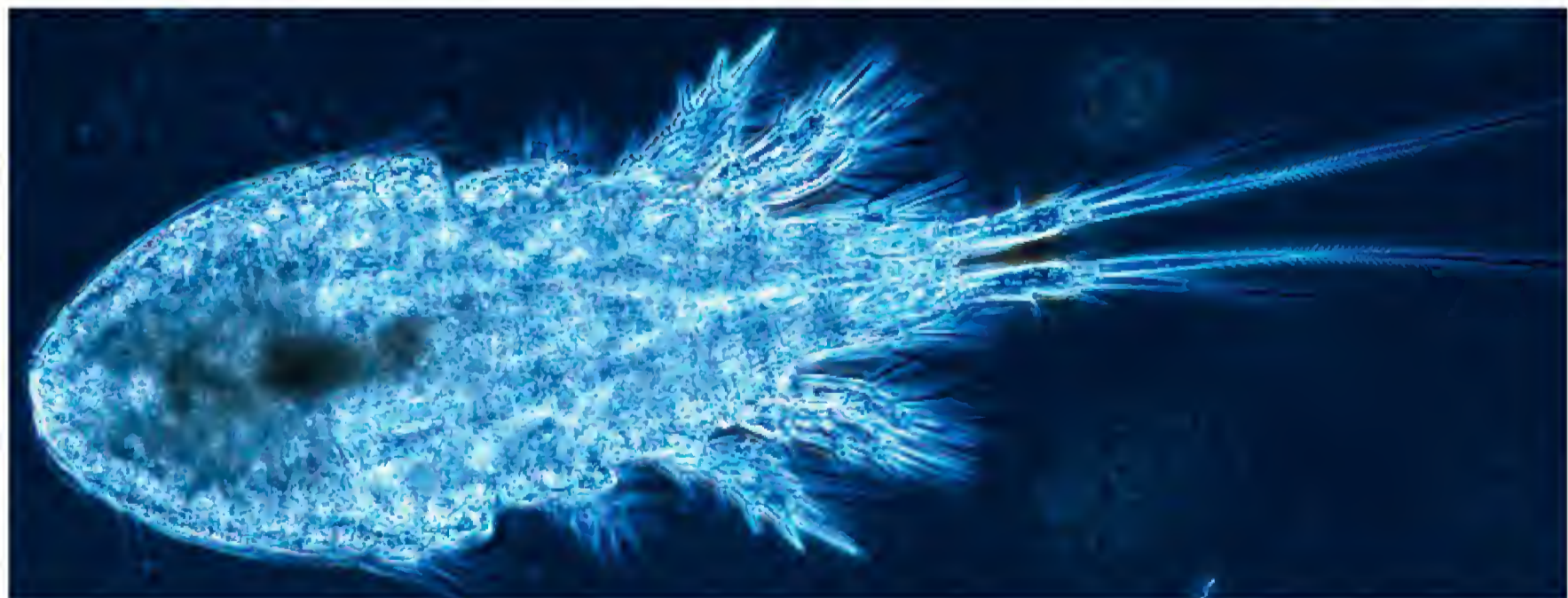


Figura 1. Fotografía de un copépodo ciclopoideo (*Acanthocyclops brevispinosus*) en microscopio óptico. Foto: Araceli Adabache.

Núñez-Álamo, R., M. Silva-Briano y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Copépodos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 173-175.

Otra ventaja que aportan al cultivo de peces es que presentan una gran adaptabilidad, ciclos de vida cortos, una gran producción de huevos, elevada fecundidad y una alta tasa de supervivencia (Puello-Cruz 2008). Finalmente, también son usados como bioindicadores, ya que su presencia arroja información sobre las condiciones de los cuerpos de agua.

Diversidad y distribución

Actualmente se conocen alrededor de 14 mil especies de copépodos a nivel mundial, de las cuales, 2 814 han sido reportadas en cuerpos de agua dulce (Thorp y Covich 2010). En México se conocen cerca de 80 especies de aguas continentales, aunque esta cifra sigue creciendo a la par que se están describiendo especies nuevas (Suárez-Morales 2000).

Estudio de los copépodos en el estado

Los estudios sobre los copépodos en la entidad son muy escasos. El más relevante fue el realizado por Mercado-Salas (2009), quien reportó 15 especies y tres subespecies pertenecientes a la familia Cyclopidae.

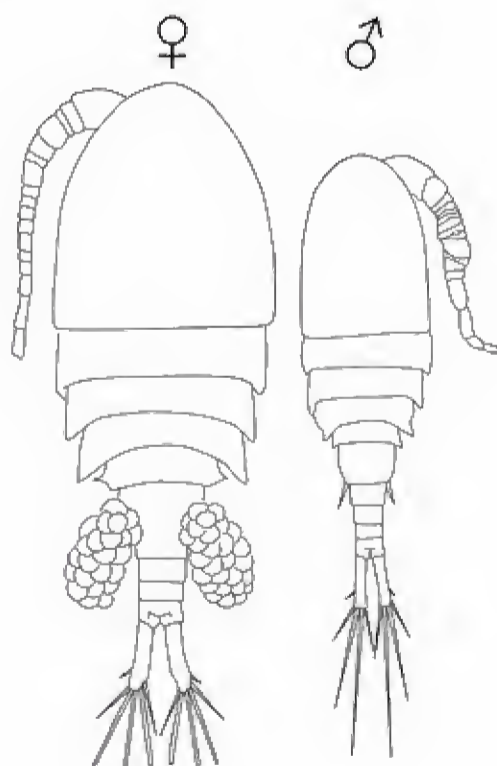


Figura 2. Comparación de la estructura corporal de copépodos hembra (izquierda) y macho (derecha). Ilustración: Ramsés Núñez Álamo.

Entre enero y noviembre de 2011, investigadores del laboratorio de ecología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y estudiantes de la licenciatura de biología de la Universidad Autónoma de Zacatecas realizaron muestreos en 99 cuerpos de agua dulce del estado (véase “Rotíferos” en esta misma obra para conocer las localidades muestreadas). Se registraron 16 especies de copépodos pertenecientes a nueve géneros y dos familias. De estas, dos especies pertenecientes al género *Acantocyclops* aún están por describirse. De esta manera, hasta el momento, en Zacatecas se cuenta con 33 especies (28 de ellas identificadas) planctónicas distribuidas en tres familias (Cyclopidae, Lernaeyidae y Diaptomidae) y 14 géneros (apéndice 8); una de las especies (*Lernaea cyprinacea*) es parásita de varias especies de peces.

Amenazas

Las principales amenazas para estos organismos acuáticos son la destrucción o modificación de su hábitat (cuerpos de agua) por actividades agrícolas y pecuarias, por la expansión de las áreas urbanas y por las sequías. Tal fue el caso en el municipio de Villanueva, donde cartográficamente estaba señalado un cuerpo de agua importante (parte de la presa La Quemada); sin embargo, al realizar la visita de campo se encontró que estaba seco y que había asentamientos humanos en su lugar.

Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento de este grupo en Zacatecas, aunque es preliminar, es destacado, debido a que puede ser aplicado en diferentes disciplinas de las ciencias biológicas, ya sea usando a estos organismos como indicadores de contaminación de los cuerpos de agua, o como medio de alimentación para otras especies de interés económico (peces, principalmente), además de que son parte de la riqueza biológica del estado y de las redes tróficas de los cuerpos de agua dulce de la entidad.

Actualmente en Zacatecas se comienzan los estudios en esta área, por lo que aún queda mucho

por conocer sobre cada uno de los lugares que ya se muestrearon, así como intentar llegar a los cuerpos de agua a los cuales no se tuvo acceso en este primer muestreo. Igualmente, será importante

efectuar diversos muestreos del mismo cuerpo de agua en distintas temporadas del año para determinar el comportamiento de estas especies y así completar el catálogo taxonómico.

Referencias

- Boxshall, G.A. y S.H. Halsey. 2004. *An introduction to copepod diversity*. Ray Society, Londres.
- Huys, R. y G.A. Boxshall. 1991. *Copepod evolution*. Ray Society, Londres.
- Mercado-Salas, N.F. 2009. *Diversidad y distribución de los Cyclopoideos (Copepoda) de las zonas áridas del centro-norte de México*. Tesis de maestría en recursos naturales y desarrollo rural. ECOSUR, Quintana Roo.
- Puello-Cruz, A.C. 2008. *Investigación en producción y uso de copépodos en larvicultura marina*. UANL, Nuevo León.
- Suárez-Morales, E. 2000. Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. *Biodiversitas* 29:7-11
- Suárez-Morales, E. y M.A. Gutiérrez-Aguirre. 2001. *Morfología y taxonomía de los Mesocyclops (Crustacea: Copepoda: Cyclopoida) de México*. CONACYT, México.
- Thorp, J.H. y A.P. Covich (eds). 2010. *Ecology and classification of north american freshwater invertebrates*. Academic Press, EUA.

Metazoarios parásitos de vertebrados silvestres

Elizabeth Aurelia Martínez Salazar • José Jesús Sigala Rodríguez
María del Refugio Vacio de la Torre • Enrique David Enríquez Enríquez

El parasitismo es una interacción ecológica donde una especie existe a expensas de otra para sobrevivir o completar su ciclo de vida o parte de él. En este contexto, existe un grupo artificial formado por diferentes fila de invertebrados conocido como metazoarios parásitos (MP), constituido por los platelmintos (gusanos planos), acantocéfalos (gusanos de probóscide armada de ganchos), nemátodos (gusanos redondos), anélidos (gusanos segmentados) y otros invertebrados, como son los ácaros parásitos (Schmidt y Roberts 2005).

La salud animal, humana y del ecosistema está vinculada a través de los diferentes niveles de las cadenas tróficas, y son los parásitos de animales silvestres su interconexión, por lo que su estudio es de suma importancia dentro de los programas de biodiversidad y manejo de los recursos naturales a nivel mundial (Marcogliese y Cone 1997, Marcogliese 2004). Cabe resaltar que solo una fracción de los MP tiene importancia a nivel médico, agrícola o en ganadería, debido a que en su mayoría este grupo incide básicamente sobre los animales silvestres (Poulin y Morand 2004).

A pesar de que México se encuentra dentro de los países megadiversos por su riqueza de especies (Ramamoorthy *et al.* 1993, Mittermeier y Goettsch 1997), el conocimiento sobre la diversidad de MP de vertebrados silvestres que albergan es todavía escaso.

Pérez-Ponce de León *et al.* (2011) han mencionado que en cerca de 21% de las especies de vertebrados silvestres de México se han estudiado sus MP, siendo los peces el grupo más representativo, seguido de los anfibios, reptiles, aves y, finalmente, los mamíferos.

El conocimiento de la diversidad y el esfuerzo de muestreo para estos grupos de invertebrados es heterogéneo a lo largo del territorio nacional: la mayor riqueza de especies está documentada hacia las costas del Pacífico y el golfo de México. Se sabe que los estados con el menor conocimiento de estos grupos biológicos son: Tlaxcala (con cinco especies), Zacatecas (con 10 especies) y Aguascalientes (con 19 especies; Pérez-Ponce de León *et al.* 2011).

El presente trabajo integra una compilación hasta 2013 de la información existente sobre la riqueza biológica de MP reportados para el estado de Zacatecas, su distribución geográfica y las especies de vertebrados silvestres que parasitan. Para alcanzar este objetivo se realizó una recopilación bibliográfica exhaustiva y se consultaron bases electrónicas de datos disponibles en la U.S. National Parasite Collection Beltsville (USNPC 2013) y en la Unidad de Bioinformática de la Biodiversidad-Colección Nacional de Helmintos (UNIBIO-CNHE 2013).

Especies de MP en el estado

La diversidad taxonómica de MP en vertebrados silvestres en Zacatecas asciende a un total de 24 especies (18 identificadas) en 20 familias (apéndice 9). Parasitan a una especie de ave (*Anas platyrhynchos diazi*), una de mamífero (*Tadarida brasiliensis mexicana*), una de anfibio (*Hyla eximia*), seis de reptiles (la tortuga *Kinosternon hirtipes*, las serpientes *Thamnophis cyrtopsis* y *T. eques*, y las lagartijas *Sceloporus jarrovii*, *S. torquatus* y una especie no identificada) y, finalmente, a cuatro especies de peces dulceacuícolas (*Algansea monticola*, *Cyprinella sp.*, *Ictalurus dugesii* y *Yuriria alta*).

Martínez-Salazar, E.A., J.J. Sigala-Rodríguez, M.R. Vacio de la Torre y E.D. Enríquez. 2020. Metazoarios parásitos de vertebrados silvestres. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 176-179.

Cuadro 1. Diversidad de metazoarios parásitos en vertebrados silvestres de la entidad (no incluye a los parásitos de importancia médica).

Phylum	Clase	Familias	Especies
Acantocephala	Palaeacanthocephala	1	2
Arthropoda	Arachnida	1	2
Nematoda	Secernentea	5	6
	Adenophorea	1	1
Platyhelminthes	Cestoda	3	4
	Monogenea	1	1
	Trematoda	8	8
Total		20	24

Fuente: elaboración propia.

Los grupos taxonómicos más representativos de MP de acuerdo con el número de especies fueron los tremátodos, los nemátodos (clases Adenophorea y Secernentea) y los céstodos (cuadro 1, figura 1). Los tremátodos están asociados a dos especies de serpientes, una de murciélago, dos de peces y una especie de pato, mientras que los nemátodos se encuentran asociados a tres especies de lagartijas, una de murciélago, una de pez dulceacuícola y a una especie de pato.

De las 24 especies de MP documentadas para Zacatecas, ocho se han reportado en un ave, siete en reptiles, cuatro en mamíferos, cuatro en peces y una en un anfibio. Las aves son el grupo de vertebrados silvestres que contribuye con el mayor número de registros de MP (aunque corresponden a una sola especie de ave), seguidas por los reptiles (figura 2). La asimetría y el reducido conocimiento de la diversidad de MP en el estado se debe principalmente al ocasional esfuerzo de muestreo de vertebrados silvestres para su estudio parasitológico, aunado a que no existía un programa de investigación sobre biodiversidad de MP en Zacatecas.

Como parte de este trabajo se actualizaron algunos registros previos. Por ejemplo: Rosas-Valdez y Pérez-Ponce de León (2008) registraron al digéneo *Alloglosidium corti* (21° 54' 57.8" N, 102° 54' 11.54" O) y al nemátodo *Rhadochona* sp.

(21° 52' 27.8" N, 102° 54' 53.6" O), ambos son parásitos de *Ictalurus dugesii* en Jalisco; sin embargo, de acuerdo a la ubicación geográfica presentada en ese trabajo, estos registros corresponden a la diversidad biológica de Zacatecas (Rosas-Valdez com. pers.). Por otro lado, Pérez-Ponce de León *et al.* (2013) registraron a *Posthodiplostomum minimum* en Huejuquilla, Zacatecas, (21° 21' 33.4" N, 104° 32' 59.2" O), aunque las coordenadas geográficas ubican a esta localidad en Jalisco.

Recientemente se ha iniciado un estudio de la diversidad taxonómica de MP de manera sistemática en el estado, a partir del cual se han muestreado cuatro especies de vertebrados en tres municipios (observación personal). Derivado de esto, hasta el momento se tienen tres nuevos registros para el municipio de Cd. Cuauhtémoc: un

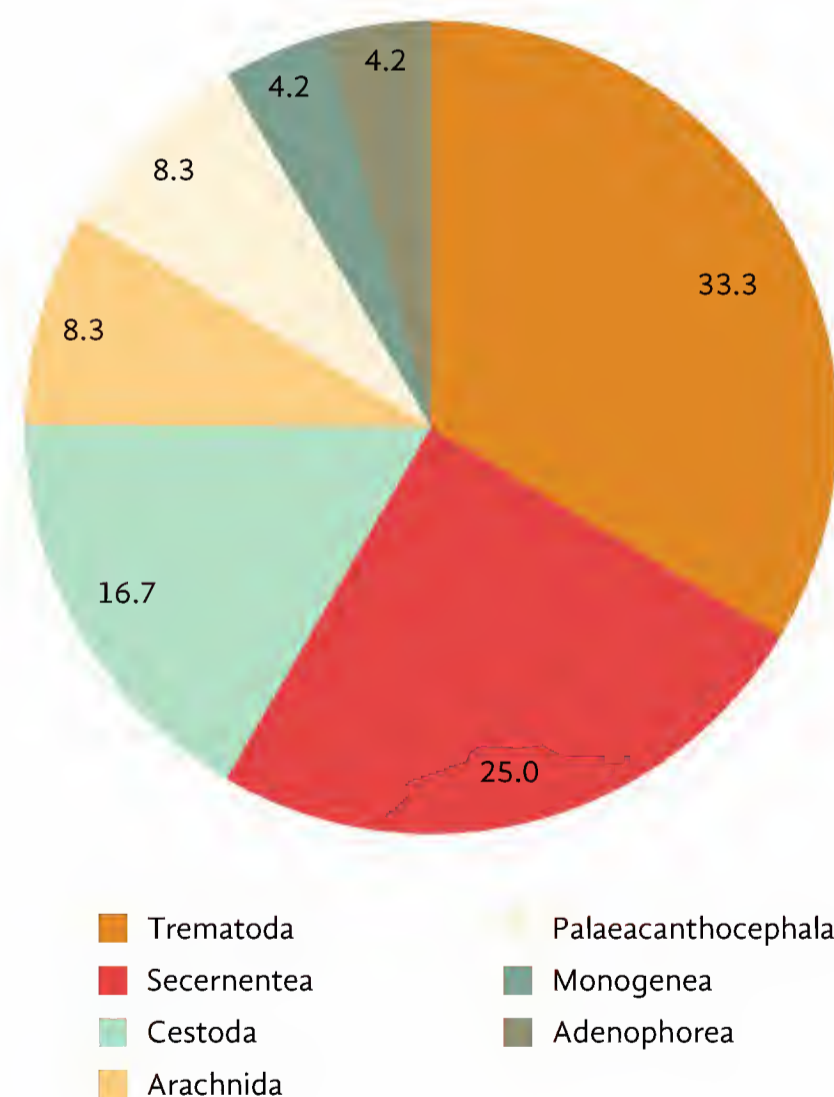


Figura 1. Representatividad (en porcentaje) de los metazoarios parásitos presentes en vertebrados silvestres de la entidad (no incluye a los parásitos de importancia médica). Fuente: elaboración propia.

tremátodo (del género *Renifer*) encontrado en la boca de las serpientes semiacuáticas *Thamnophis cyrtopsis* y *T. eques*, y un ácaro intradérmico, que se aloja en el espesor de la dermis (*Hannemania hylae*), observado en el anfibio *Hyla eximia* (véase “Nuevos registros de parásitos en la presa San Pedro, Ciudad Cuauhtémoc” en esta misma obra).

Conclusiones

A pesar de que los MP no son considerados un grupo carismático (en comparación con los vertebrados), es muy importante su estudio debido a que estos organismos tienen un papel relevante en los ecosistemas (Hudson *et al.* 2006). Esto puede ser el punto de partida para elaborar programas de conservación (Brooks y Hoberg 2000), así como de educación ambiental enfocados en divulgar la importancia de estos invertebrados en los diferentes sectores de la sociedad. Por ejemplo, Escalante *et al.* (2011) y Martínez-Salazar *et al.* (2012) han sugerido estrategias de conservación dentro de los sistemas nemátodo-mamíferos basadas en análisis biogeográficos históricos y de distribución potencial en América. Estos trabajos constituyen los primeros esfuerzos en México que abordan la conservación tanto de los vertebrados silvestres como de sus MP.

En Zacatecas se deben incrementar los estudios sobre la diversidad de MP a partir de nuevas recolectas en localidades inexploradas, como son la sierra de Cardos, la sierra Morones, el río Juchipila, Jalpa (Rosas-Valdez y Pérez-Ponce de León 2008, Pérez-Ponce de León *et al.* 2013), por mencionar

Referencias

- Brooks, D.R. y E. Hoberg. 2000. Triage for the biosphere: the need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comparative Parasitology* 67(1):1-25.
- Escalante, T., E.A. Martínez-Salazar, J. Falcón-Ordaz *et al.* 2011. Análisis panbiogeográfico de *Vexillata* (Nematoda: Ornithostrongylidae) y sus huéspedes. *Acta Zoológica Mexicana* 27(1):25-46.

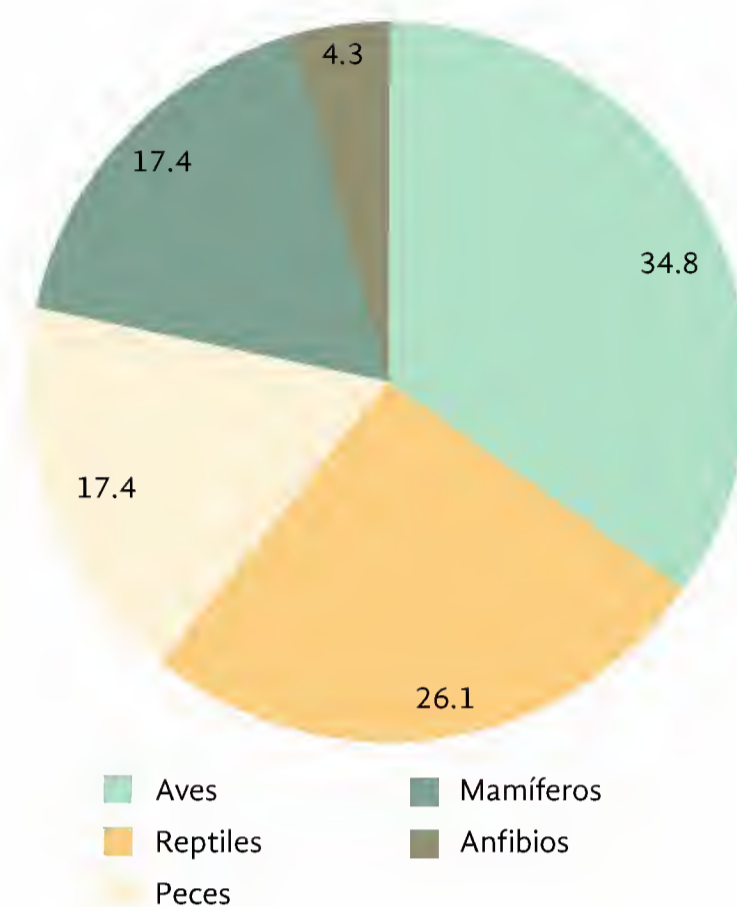


Figura 2. Porcentaje de vertebrados silvestres presentes en el estado en los que se han observado especies de metazoarios parásitos (no incluye a los parásitos de importancia médica). Fuente: elaboración propia.

algunos sitios. Asimismo, se deben analizar diversos grupos de vertebrados silvestres, lo cual podría dar la pauta para el diseño e implementación de programas y estrategias de monitoreo y saneamiento de la fauna silvestre, particularmente de aquella de mayor interés para la conservación, como las especies en riesgo o las especies endémicas. Finalmente, con este monitoreo se podrían detectar áreas de distribución que pueden ser focos potenciales de enfermedades emergentes, tanto para la salud humana como animal.

- Goldberg, S.R., C.R. Bursley y J.L. Camarillo-Rangel. 2003. Gastrointestinal helminths of seven species of Sceloporine lizards from Mexico. *Southwestern Naturalist* 48:208-217.
- Goldberg, S.R., C.R. Bursley y R.L. Bezy. 1996. Gastrointestinal helminths of Yarrow's Spiny Lizard, *Sceloporus jarrovi* (Phrynosomatidae) in Mexico. *American Midland Naturalist* 135:299-305.

- Guzmán-Cornejo, M.C., L. García-Prieto, G. Pérez-Ponce de León y J.B. Morales-Malacara. 2003. Parasites of *Tadarida brasiliensis mexicana* (Chiroptera: Molossidae) from arid regions of Mexico. *Comparative Parasitology* 70:11-25.
- Hoffmann, A. 1990. *Los trombicúlidos de México (Acarida: Trombiculidae)*. UNAM, México.
- Hudson, P.J., A.P. Dobson y K.D. Lafferty. 2006. Parasites and ecological systems: is a healthy system one with many parasites? *Trends in Ecology and Evolution* 21:381-385.
- Marcogliese, D.J. 2004. Parasites: small players with crucial roles in the ecological theatre. *EcoHealth* 1:151-164.
- Marcogliese, D.J. y D.K. Cone. 1997. Parasite communities as indicators of ecosystem stress. *Parassitologia* 39:227-232.
- Martínez-Salazar, E.A., T. Escalante, M. Linaje y J. Falcón-Ordaz. 2012. Predicting the potential distribution of *Vexillata* (Nematoda: Ornithostrongylidae) and its hosts (Mammalia: Rodentia) within America. *Journal of Helminthology* 87(4):400-408.
- Mercado, M., S. Angulo-Castillo, F. Clemente-Sánchez *et al.* 2010. Presencia de helmintos en el pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) del Altiplano Zacatecano, México. *Agrociencia* 44:931-939.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo*. CEMEX, México.
- Paredes-León, R., L. García-Prieto, C. Guzmán-Cornejo *et al.* 2008. Metazoan parasites of mexican amphibians and reptiles. *Zootaxa* 1904:1-166.
- Pérez-Ponce de León, G., B. Mendoza-Garfias, R. Rosas-Valdez y A. Chaudhury. 2013. New host and locality records of freshwater fish helminth parasites in river basins north of the transmexican volcanic belt: another look at biogeographical patterns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:556-562.
- Poulin, R. y S. Morand. 2004. *Parasite biodiversity*. Smithsonian Institution Books, Washington, D.C.
- Ramamoorthy, T.P., R. Bye y A. Lot. 1993. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- Rosas-Valdez R. y G. Pérez-Ponce de León. 2008. Composición taxonómica de los helmintos parásitos de ictalúridos y heptaptéridos (Osteichthyes: Siluriformes) de México, con una hipótesis de homología biogeográfica primaria. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:473-499.
- Schmidt, G.D. y L.S. Roberts. 2005. *Foundations of parasitology*. McGraw-Hill, Boston.
- UNIBIO-CNHE. Unidad de Bioinformática de la Biodiversidad-Colección Nacional de Helmintos. 2013. *Familias de ejemplares en Colección Nacional de Helmintos*. En: <<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM>>, última consulta: primero de enero de 2013.
- USNPC. us National Parasite Collection. 2013. *us Department of Agricultural Research Service (ARS). Beltsville Agricultural Research Center (BARC)*. En: <<http://www.ars.usda.gov>>, última consulta: 1 enero de 2013.

Nuevos registros de parásitos en la presa San Pedro, Ciudad Cuauhtémoc

Elizabeth Aurelia Martínez Salazar • José Jesús Sigala Rodríguez
María del Refugio Vacio de la Torre • Enrique David Enríquez Enríquez

En la presa San Pedro, localizada en el municipio de Cuauhtémoc, (22° 28' y 22° 25' N, 102° 24' y 102° 22' O), se realizó un diagnóstico sobre la diversidad de especies de vertebrados silvestres; esto a su vez permitió iniciar el estudio de la diversidad de metazoarios parásitos (MP) en vertebrados silvestres de manera sistemática en Zacatecas (figura 1).

Entre agosto del 2011 y noviembre del 2012 se realizaron tres salidas de campo en las que se recolectaron dos especies de serpientes: *Thamnophis cyrtopsis* (un ejemplar) y *T. eques* (dos ejemplares), así como nueve ejemplares de la rana *Hyla eximia* (figuras 2, 3 y 4). Estos ejemplares fueron trasladados al laboratorio de biodiversidad de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), donde se les practicó un examen parasitológico de exploración de rutina, que consistió en una revisión bajo el microscopio estereoscópico de la superficie de su cuerpo y de sus cavidades. Los MP encontrados se extrajeron con ayuda de pinceles finos y se colocaron en cajas de Petri con solución salina a 0.65%. El material obtenido se procesó como sigue: los tremátodos se montaron en preparaciones permanentes y se tiñeron de acuerdo con las técnicas de uso común en parasitología (Lamothe 1997), mientras que los ácaros se aclararon con glicerina y se montaron en preparaciones temporales. La determinación taxonómica a nivel genérico y específico se efectuó con ayuda de literatura especializada. El material biológico de los MP está albergado en el Laboratorio de Colecciones Biológicas

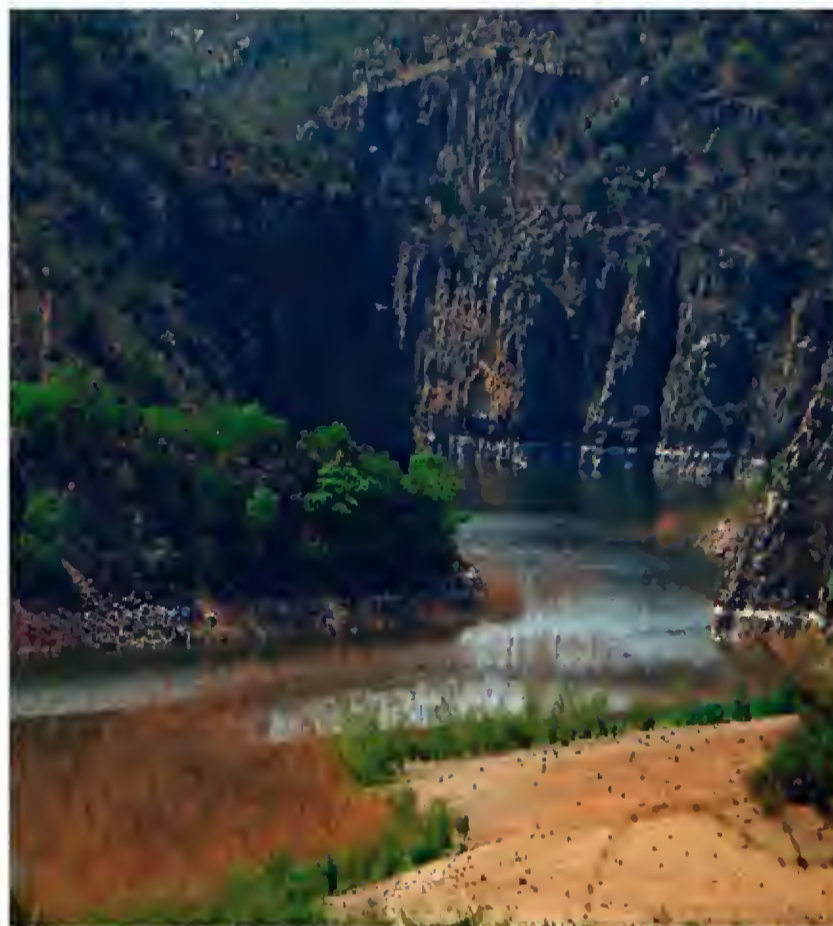


Figura 1. La presa San Pedro en el municipio de Cuauhtémoc. Foto: Elizabeth A. Martínez Salazar.

y Sistemática Molecular en la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la UAZ.

A través del análisis de material recolectado se encontraron dos especies de MP: un ácaro intradérmico (que se aloja en el espesor de la dermis) del género *Hannemania*, que es típico de anfibios (figura 4) y un tremátodo del género *Renifer* (figura 5), típico de la boca y tráquea de serpientes.

El género *Renifer* se ha reportado previamente en las culebras de agua del género *Thamnophis* que se distribuyen hacia el centro del país (Cabrero 1941, Bravo-Hollis 1943, Parra-Rojas 1983, Pérez-Ponce de León *et al.* 2001, Jiménez-Ruiz

Martínez-Salazar, E.A., J.J. Sigala-Rodríguez, M.R. Vacio de la Torre y E.D. Enríquez. 2020. Nuevos registros de parásitos en la presa San Pedro, Ciudad Cuauhtémoc. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 180-182.

et al. 2002). En este estudio, dicho endoparásito se encontró en la boca de las serpientes *Thamnophis cyrtopsis* y *T. eques*, lo que constituye un nuevo registro de MP para *T. cyrtopsis*, así como el primer registro de esta especie de tremátodo para el estado (figuras 2 y 5).

Para el caso de los ácaros, en la entidad solo se tenía conocimiento del ectoparásito *Eutrombicula alfreddugesi* en una especie no determinada de lagartija (Hoffmann 1990). En este estudio, se encontró un ácaro intradérmico del género *Hannemania* en la rana arborícola *Hyla eximia* (figura 4). Cabe mencionar que este género de ácaro se ha reportado previamente para otros anfibios hílidos en el norte del país: las especies *Hannemania*



Figura 2. Culebra de agua (*Thamnophis eques*), en la que fue encontrado el tremátodo del género *Renifer*. Foto: Jesús Sigala Rodríguez.



Figura 3. Culebra de agua (*Thamnophis cyrtopsis*), en la que fue encontrado el tremátodo del género *Renifer*. Foto: Jesús Sigala Rodríguez.



Figura 4. Rana verde (*Hyla eximia*) con diversos ácaros intradérmicos (*Hannemania hylae*) en el vientre. Foto: Jesús Sigala Rodríguez.



Figura 5. El tremátodo *Renifer* sp. es un parásito típico de la boca y tráquea de serpientes. Foto: Elizabeth A. Martínez Salazar.

anurae y *H. hylae* son parásitos de la rana de arena (*Hyla arenicolor*) en Sonora y Sinaloa, respectivamente; *H. anurae* de la rana verde (*H. eximia*) en Nayarit y, finalmente, *H. monticola* en esta misma especie de hílido en Durango (Loomis y Welbourn 1969, Welbourn y Loomis 1970).

Con el presente estudio se adicionan tres nuevos registros de MP para Zacatecas. Considerando que el conocimiento actual de la diversidad de MP en la presa San Pedro y en general para el estado

es escaso, se requiere incrementar el esfuerzo de muestreo de vertebrados silvestres para su análisis parasitológico y con ello acrecentar el registro de estos organismos que son parte de la biodiversidad del país. Esto ofrecerá la oportunidad de realizar estudios ecológicos, así como generar un conocimiento global sobre la salud de los vertebrados silvestres, del ecosistema y de manera indirecta de la salud humana.

Referencias

- Bravo-Hollis, M. 1943. Tremátodos parásitos de las culebras *Thamnophis angustirostris melanogaster* de agua dulce. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 14:491-497.
- Caballero, C.E. 1941. Tremátodos de las culebras de agua dulce de México I. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM* 12:111-121.
- Hoffmann, A. 1990. *Los trombicúlidos de México* (Acarida: Trombiculidae). UNAM, México.
- Jiménez-Ruiz, A., L. García-Prieto y G. Pérez-Ponce de León. 2002. Helminth infracommunity structure of the sympatric garter snakes *Thamnophis eques* and *Thamnophis melanogaster* from the Mesa Central of Mexico. *Journal of Parasitology* 88:454-460.
- Lamothe, A.R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. AGT Editor, México.
- Loomis, R.B. y W.C. Welbourn. 1969. A new species of *Hannemania* (Acarina, Trombiculidae) from *Bufo punctatus* of western North America, with comments on *Hannemania hylae* (Ewing). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 68:160-168.
- Parra-Rojas, L.G. 1983. *Estudio de algunos monogéneos y tremátodos parásitos de reptiles de México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Pérez-Ponce de León, G., A. Jiménez-Ruiz, B. Mendoza-Garfias y L. García-Prieto. 2001. Helminth parasites of garter snakes and mud turtles from several localities of the Mesa Central of Mexico. *Comparative Parasitology* 68:9-20.
- Welbourn, Jr. W.C. y R.B. Loomis. 1970. Three new species of *Hannemania* (Acarina, Trombiculidae) from amphibians of western Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 69:65-73.

Insectos

Julio Lozano Gutiérrez • Martha Patricia España Luna

Los insectos son un grupo de animales que se caracterizan por poseer un cuerpo con tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza tienen un par de antenas que les sirven para la orientación y para captar olores; las partes bucales, cuya estructura varía dependiendo de sus hábitos alimenticios (masticadores, lamadores, chupadores o picadores), y los ojos compuestos. En el tórax tienen tres pares de patas y frecuentemente uno o dos pares de alas. En el abdomen se concentra el sistema reproductor, entre otros sistemas de vital importancia, como el respiratorio y el nervioso. Su tamaño puede variar de 0.2 hasta 330 mm de longitud, y de 0.5 a 300 mm en expansión alar; sin embargo, existen fósiles del orden Odonata que alcanzaron los 760 mm (Triplehorn y Johnson 2005). Su coloración puede variar de colores grisáceos a alegres y brillantes, como las alas de color metálico de algunas mariposas o el rojo de algunas escarabajos.

Los insectos tienen muchas variantes en cuanto a su estructura corporal, fisiología, ciclo de vida y medios de defensa. Sus hábitats varían: pueden estar en el agua, el suelo o ambos, pues en muchos casos desarrollan alguna parte de su ciclo de vida en un medio acuático. Asimismo, pueden ser terrestres o voladores y de hábitos solitarios o gregarios, ya que algunos viven organizados en clases sociales, como es el caso de las hormigas, abejas y termitas.

Diversidad

Los insectos (clase Hexapoda) son el grupo de animales más abundante y diverso que habita sobre la Tierra, y se encuentran en prácticamente todos los hábitats del planeta. Se han descrito y nombrado aproximadamente un millón de especies a nivel mundial; sin embargo, la cantidad podría alcanzar

las 30 millones de especies (Triplehorn y Johnson 2005). Los cinco órdenes con mayor riqueza y abundancia de especies en el mundo son: Coleoptera, que agrupa a los escarabajos; Diptera, que agrupa a las moscas y mosquitos; Hymenoptera, que incluye a las avispas, abejas y hormigas; Lepidoptera, que comprende a las mariposas y palomillas, y Hemiptera que reúne a las chinches y otros insectos de aparato bucal picador chupador (Gullan y Cranston 2010). En México se han descrito 47 853 especies de insectos, lo que representa 5% de las especies descritas en el mundo, aunque se estima que existen cerca de 100 mil especies, es decir, 11% del total de la diversidad de especies del mundo (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

Estudio de los insectos en el estado

El primer reporte formal que se tiene de insectos en la entidad se remonta al año de 1889, cuando José Árbol y Bonilla en el libro “Memorias sobre la agricultura y sus productos en el estado de Zacatecas” describió algunas especies (Bonilla 1889). Sin embargo, los estudios formales sobre insectos, particularmente aquellos de importancia agrícola y forestal, iniciaron con la aparición del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), hoy Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), mediante el Campo Agrícola Experimental Zacatecas en el año de 1971 y del Campo Agrícola Experimental Los Cañones en 1981. Posteriormente, la Universidad Autónoma de Zacatecas, a través del Centro de Estudio, Investigación y Servicios Agrícolas de Zonas Agrícolas, hoy Unidad Académica de Agronomía, fundada en 1978, inició su participación en el estudio de los insectos. Asimismo, en dicha Unidad Académica, desde su fundación en

Lozano-Gutiérrez, J. y M.P. España-Luna. 2020. Insectos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 183-188.

1997, se instituyó la impartición de cursos como parasitología agrícola, entomología general y económica.

Los estudios desarrollados por las diferentes instituciones en Zacatecas abordan ocho de los 32 órdenes de insectos reconocidos por Triplehorn y Johnson (2005). Los grupos más estudiados se relacionan principalmente con el sector agrícola, como los órdenes: Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera e Hymenoptera, que a la vez son los más diversos en el planeta. En total se han reportado 193 especies (152 identificadas), pertenecientes a 64 familias y ocho órdenes: Lepidoptera con 16 familias, Hymenoptera y Hemiptera con 14 cada uno, Coleoptera con 10, Diptera con seis, Orthoptera con dos, y Neuroptera y Thysanoptera con una, respectivamente (apéndice 10).

La mayoría de los estudios registrados sobre la entomofauna de Zacatecas se han realizado en la región central, debido a que es ahí donde se encuentra la mayor cantidad de superficie destinada a la agricultura. Como ejemplos se mencionan los diversos estudios sobre la conchuela del frijol *Epilachna varivestis* (figura 1) por la relevancia del cultivo en el estado (España-Luna *et al.* 2000) y la pulga saltona *Epitrix* sp. (figura 2), que se destaca como una plaga en el cultivo del chile (Ruiz-Díaz *et al.* 2010). Se tienen también algunos registros derivados de estudios sobre las mariposas diurnas (Luis Martínez 1998, Balcázar Lara 1999a, b) y nocturnas (De la Maza Elvira 1998; véase “Diversidad y distribución estacional de lepidópteros nocturnos en Fresnillo” en esta misma obra), escarabajos (Morón-Ríos 2000, Navarrete-Heredia 2000), hemípteros (Brailovsky Alperowitz 1998), himenópteros (González Hernández 1998), así como trabajos sobre hormigas, mosquitos y polillas (véanse contribuciones de los últimos tres en esta misma obra).

Importancia

Los insectos son el grupo dominante de animales en la Tierra, han ocupado todos los hábitats excepto el medio marino, adaptándose por ejemplo a



Figura 1. Adulto de la conchuela del frijol *Epilachna varivestis*. Foto: Martha Patricia España-Luna.

temperaturas de 45°C bajo cero a 45°C sobre cero (Gullan y Cranston 2010). Son un componente funcional y vital de los ecosistemas y; sin embargo, la gran mayoría de ellos son desconocidos. Tienen papeles ecológicos clave dentro de los ecosistemas, pueden ser carnívoros, parásitos, carroñeros, fitófagos (se alimentan de plantas), frugívoros (frutas), polinívoros (polen), coprófagos (heces), fungívoros (hongos), además establecen relaciones bióticas estrechas con otros organismos, por ejemplo, el mutualismo entre plantas angiospermas e insectos (Guzmán-Mendoza 2010).

Una gran cantidad de especies son de considerable valor para los humanos: los polinizadores son indispensables en la producción de cultivos agrícolas e, incluso, algunos elaboran miel, seda, cera y otros productos de valor comercial; unos más son el alimento de aves, peces y demás animales benéficos; mientras que otros realizan actividades importantes, como los excavadores, depredadores y parasitoides de organismos dañinos (Borror *et al.* 1989). Asimismo, muchos de los insectos que son plaga en el algodón, manzano y otros cultivos son controlados por sus enemigos naturales: se estima que los agentes de control biológico proveen más control de las plagas agrícolas que todos los plaguicidas aplicados en el mundo actualmente (Pimentel 2009).

Otros insectos han sido de utilidad en la investigación científica, como los estudios sobre genética



Figura 2. Adulto de la pulga saltona *Epitrix* sp., insecto plaga de importancia en el cultivo del chile. Foto: Julio Lozano-Gutiérrez.

que se han llevado a cabo con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* (Venken y Bellen 2005). Los insectos también son importantes por los daños y pérdidas que ocasionan cada año a los cultivos agrícolas y productos almacenados en todo el mundo. Se estima que del total de insectos conocidos, aproximadamente 2% son plagas que provocan pérdidas de entre 10 y 15% en los cultivos agrícolas; los daños a los alimentos almacenados y fibras se estiman en pérdidas de alrededor de 40%, del cual, 15% se atribuye a los insectos y ácaros, el resto es debido a patógenos y otros organismos (Gupta 2009). En el ámbito de la medicina destaca su importancia debido a que algunos insectos transmiten enfermedades que afectan seriamente la salud del ser humano y de los animales, como la chinche *Triatoma* spp. que transmite la enfermedad de chagas (Salazar-Schettino *et al.*

2010). Sin embargo, también existen los que cuentan con facultades medicinales; científicamente se ha comprobado que algunos tienen propiedades inmunológicas, analgésicas, antibacteriales, diuréticas, anestésicas y antirreumáticas, de tal manera que constituyen una fuente inagotable de investigación en farmacología (Costa-Neto 2005).

Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento sobre la diversidad entomológica de Zacatecas es incipiente. Los esfuerzos aislados sobre su estudio se han encauzado en su mayoría hacia los insectos de importancia agrícola. Es necesario que las instituciones educativas y de investigación de la entidad abran su abanico de interés hacia el ámbito de la diversidad entomológica en todo el estado; al respecto, la Universidad Autónoma de Zacatecas recientemente creó la licenciatura

en biología, en la que ya se vislumbra el interés por esta rama de las ciencias biológicas. Por otro lado, es necesario que las instituciones de apoyo a la investigación dirijan los recursos al desarrollo de proyectos que consideren a este grupo como un

eslabón en las múltiples cadenas en las que está involucrado. De igual manera es necesario desarrollar eventos académicos que permitan ilustrar a las generaciones futuras sobre la importancia de los insectos.

Referencias

- Armenta, C.F. 1977. *Determinación del periodo crítico de producción química para el control de trips, Frankliniella spp., en el cultivo de la vid; municipio de Guadalupe, Zacatecas*. Informes de Investigación. INIA, Zacatecas.
- Balcázar Lara, M.A. 1999a. *Catalogación de la colección de mariposas diurnas del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*. CONABIO, México.
- . 1999b. *Catálogo sistemático de las superfamilias Mimalloidea y Bombycoidea de México*. CONABIO, México.
- Bonilla, J.A. 1889. *Memoria sobre la agricultura y sus productos en el estado de Zacatecas*. Imprenta del Hospicio de Niños de Guadalupe, México.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects*. Saunders College Publishing, EUA.
- Brailovsky Alperowitz, H. 1998. *Revisión de la subfamilia Asopinae (Hemiptera-Heteroptera-Pentatomidae) para México*. CONABIO, México.
- Contreras, A.J. 2008. *Morpho polyphemus* (Lepidoptera: Papilionoidea: Morphinae): A new record from Zacatecas, México. *The Southwestern Naturalist* 54(3):537-538.
- Costa-Neto, E.M 2005. Entomotherapy, or the medicinal use of insects. *Journal of Ethnobiology* 25(1):93-114.
- De la Maza-Elvira, R. 1998. *Catálogo y recopilación de datos científicos de los lepidópteros nocturnos de México, pertenecientes a cinco familias*. CONABIO, México.
- Delgado, L. y M. Nájera-Rincón. 1992. Especie y registros nuevos de *Xyloryctes* de México (Coleoptera: Melolonthidae; Dynastinae). *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Zoología* 63(2):215-220.
- Duckworth, W.D. y T.D. Eichlin. 1983. Revision of the clearwing moth genus *Osminia* (Lepidoptera: Sesiidae). *Smithsonian Institution Press* 361:15.
- Edelman, W.C., D.C. Lightfoot y K.B. Miller. 2010. The phylogenetic placement of the rare North American band-winged grasshopper *Shotwellia isleta* Gurney, 1940 (Orthoptera: Acrididae: Oedipodinae). *Insect Systematics and Evolution* 41:303-316.
- España-Luna, M.P. y J. Lozano-Gutiérrez. 1995a. Exploración de áfidos (Aphididae: Homoptera) en los principales cultivos del municipio de Zacatecas. En: *Memorias del xxx Congreso Nacional de Entomología Universidad Autónoma de Chapingo*. Texcoco.
- . 1995b. Estudio preliminar de la relación áfido-parasitoide en 6 variedades de alfalfa *Medicago sativa* L. En: *Memorias del xviii Congreso Nacional de Control Biológico y I Congreso Americano de Control Biológico*. Tapachula.
- España-Luna, M.P. y J. Lozano-Gutiérrez. 1996. Entomofauna, asociación entre especies y presencia de parasitoides de áfidos en el cultivo de la alfalfa *Medicago sativa*. En: *Quinto encuentro de entomólogos y acarólogos*. IPN, Durango.
- España-Luna, M.P., J. Lozano-Gutiérrez y R. Lezama-Gutiérrez. 2000. Virulencia de *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) sobre *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae), y su relación con la actividad lipolítica de los aislados. En: *Memorias del xxiii Congreso Nacional de Control Biológico*. Guanajuato.
- España-Luna, M.P., O.G. Alvarado-Gómez, A. González-Hernández et al. 2006. Diferenciación genética de especies crípticas de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Folia Entomológica Mexicana* 45(3):283-290.
- Esparza-Frausto, G., F. Macías-Rodríguez, M. Martínez-Salvador et al. 2008. Insectos comestibles asociados a las magueyeras en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. *Agrociencia* 42(2):243-252.
- González-Gaona, E. 1986. Fluctuación poblacional de moscas de la fruta en el cañón del Juchipila, Zac. En: *Resúmenes de primera reunión científica forestal y agropecuaria en Zacatecas*. INIFAP, Zacatecas, pp. 242.

- . 1994. Moscas de la fruta del género *Anastrepha* en la región guayabera del cañón del Juchipila, Zac. (1987-1990). En: *Resúmenes del xxix Congreso Nacional de Entomología*. Monterrey, pp. 125.
- González-Gaona, E., J. Lozano-Gutiérrez, M.P. España-Luna y F. Tafoya-Rangel. 2008. *Estrategias de manejo orgánico-biológico de picudo de la guayaba (Conotrachelus spp.)*. INIFAP, México.
- González Hernández, A. 1998. *Inventario de Hymenoptera parasítica en México*. CONABIO, México.
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. 2010. *The insects. An outline of entomology*. Wiley Blackwell, EUA.
- Gupta, D. 2009. Pest Control: Insects and other arthropods. En: *Agricultural sciences, Encyclopedia of Life Support Systems*. UNESCO, pp. 294-319.
- Guzmán-Mendoza, R. 2010. Los insectos: antiguos constructores del mundo. *Elementos* 79:29-33.
- Lozano-Gutiérrez, J. y M.P. España-Luna. 1995a. Afidófagos en los principales cultivos del municipio de Zacatecas. En: *Memorias del xxx Congreso Nacional de Entomología*. México.
- . 1995b. Parasitismo del áfido *Acyrtosiphon pisum* en el cultivo de alfalfa. En: *Memorias del xviii Congreso Nacional de Control Biológico y I Congreso Americano de Control Biológico*. Chiapas.
- . 1997. Biología y comportamiento del chapulín *Brachystola* sp. en el estado de Zacatecas. En: *Memorias del xxxii Congreso Nacional de Entomología*. Puebla.
- . 2008. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against the white grub *Laniifera cyclades* (Lepidoptera: Pyralidae) under field and greenhouse conditions. *Florida Entomologist* 91(4):664-668.
- . 2009. Enemigos naturales y control biológico de *Brachystola magna* (Girard) y *B. mexicana* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae) con *Beauveria bassiana* en Zacatecas, México. *Vedalia* 13(2):91-96.
- . 2011. Ecología y control biológico del chapulín *Brachystola* spp. en Zacatecas. En: *Control biológico de plagas de chapulín en el norte-centro de México*. G.C. García y G.J. Lozano (eds.). Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, pp. 139-150.
- Lozano-Gutiérrez, J., M.P. España-Luna, V.M. Cardoso-Pérez y R. Lara-de-Santiago. 2005. El impacto de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) en poblaciones de *Bactericerca cockerelli* (Homoptera: Psyllidae). En: *Memorias del xxviii Congreso Nacional de Control Biológico*. Guanajuato.
- Lozano-Gutiérrez, J., M.P. España-Luna y A. García-Ovalle. 2004. Virulencia del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* sp. (Nematodo: Heterorhabditidae) aislado 57s2, en control de *Macrodactylus* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae). En: *Memorias del xxvii Congreso Nacional de Control Biológico*. Sinaloa.
- Lozano-Gutiérrez, J., E. González-Gaona, M.P. España-Luna et al. 2007. Patogenicidad de la cepa nativa LA1-1 de *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) sobre larvas del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* (Coleoptera: Curculionidae). En: *Memorias del xxx Congreso Nacional de Control Biológico y Simposio del IOBC*. Mérida.
- . 2009. Entomofauna asociada al nopal tunero (*Opuntia* sp.) en Zacatecas. *Entomología Mexicana* 8:596-600.
- Luis Martínez, M.A. 1998. *Papilionoidea de México, parte 1: Papilionoidea y Pieridae*. CONABIO, México.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Medina, M.R., F. Armenta y J. Mena-Cobarrubias. 1977. *Evaluación de insecticidas aplicados al suelo para el control químico de la gallina ciega, Phyllophaga spp. en frijol, en el municipio de Calera de V. R. Zacatecas*. Informes de investigación. INIA, Zacatecas.
- . 1983. *Evaluación de insecticidas para el combate químico del pulgón lanígero del manzano, Eriosoma lanigerum (h.) y estudio de sus enemigos naturales en la zona frutícola de Zacatecas*. Informes de investigación. INIA, Zacatecas.
- Mena-Covarrubias, J. 1997. *Guía para el control del barrenador de las ramas del durazno en Zacatecas*. Folleto para productores. INIFAP, Zacatecas.
- . 2000a. Control biológico natural del "gusano cebra", *Olycella nephelapsa* (Lepidoptera: Pyralidae) en nopal, en Zacatecas. En: *Memorias del xxiv Congreso Nacional de Control Biológico*. Chihuahua.
- . 2000b. *Control del temolillo, Cyclocephala lunulata en huertos de guayaba en el Cañón de Juchipila*. INIFAP/CIRNOC/CECAL, México.

- . 2001a. *Manual para el control de plagas mediante la avispi- ta parasitoide Trichogramma*. INIFAP, Zacatecas.
- . 2001b. *Manual para hacer liberaciones de Chrysopa con- tra insectos plaga*. INIFAP, Zacatecas.
- . 2002. Oportunidades en el control biológico de la palomi- lla de la manzana, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortri- cidae) utilizando *Trichogramma* spp. En: *Alternativas de manejo y fitosanidad de los principales frutales (durazno, manzano, nogal y vid) en la región norte-centro de México*. M.P. González Castillo y M. Quintos Escalante (eds.). CIIDIR-Durango, Zacatecas, pp. 38-41.
- . 2003. Impacto de los enemigos naturales del picudo de las espinas, *Cylindrocopturus biradiatus* Champion (Co- leoptera: Curculionidae). En: *Memorias del xxvi Congreso Nacional de Control Biológico*. Guadalajara.
- . 2005a. Bioecología de insectos chupadores en chile y mate in Zacatecas. En: *Proceedings of the second world pepper convention*. Zacatecas, pp. 85-86.
- . 2005b. Rastreo del gusano del betabel, *Spodoptera exi- gua*, y del gusano del fruto *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). En: *Proceedings of the second World Pepper Convention*. Zacatecas, pp. 101-106.
- Mena-Covarrubias, J. y M.A. Morón-Ríos. 2001. Bioecología y daños del "temolillo" *Cyclocephala lunlata* en huertos de guayaba en la región del Cañón de Juchipila, Zacatecas. En: *Resúmenes del xxxvi Congreso Nacional de Entomo- logía*. Querétaro.
- Mena-Covarrubias, J. y E. Padilla-Cruz. 2006. Variables para medir la calidad del material biológico de *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae). En: *Memorias del xxix Congreso Nacional de Control Biológico*. Colima.
- Mena-Covarrubias, J. y R. Velásquez-Valle. 2010. *Manejo Inte- grado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Fo- lleto Técnico 24*. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Zacatecas.
- Morón-Ríos, M.A. 2000. *Atlas de los coleóptera Scarabaeoidea de México*. Segunda parte. CONABIO, México.
- Navarrete-Heredia, J.L. 2000. *Guía ilustrada de los Staphylini- dae (Coleoptera) de México*. CONABIO, México.
- Pimentel, D. 2009. Pesticides and pest control. En: *Integrated pest management: innovation-development process*. R. Peshin y A.K. Dhawan (eds.). Springer, EUA, pp. 83-87.
- Quiñones-Reyes, G., M.P. España-Luna, J. Lozano-Gutiérrez et al. 2010. Especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) presentes en zonas silvestres de México. *Entomología Mexicana* 9:108-111.
- Ramos, E.J., J.M.P. Moreno, A.I. Vázquez et al. 2011. Edible Le- pidoptera in Mexico: geographic distribution, ethnicity, economic and nutritional importance for rural people. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7:2.
- Ruiz-Díaz, M.H.A., J. Lozano-Gutiérrez, M.P. España-Luna y A.G. Bravo-Lozano. 2010. Insectos plaga presentes en el cultivo orgánico de chile pulla. *Entomología Mexicana* 9:552-554.
- Richman, D.B., D.C. Lightfoot, C.A. Sutherland y D.J. Ferguson. 1993. *A manual of the grasshoppers of New Mexico, Or- thoptera: Acrididae and Romaleidae*. New Mexico State University Cooperative Extension Service, EUA.
- Salazar-Schettino, P.M., G.E. Rojas-Wastavino, M. Cabrera- Bravo et al. 2010. A revision of thirteen species of Tria- tominae (Hemiptera: Reduviidae) vectors of Chagas disease in Mexico. *Journal of the Selva Andina Research Society* 1(1):57-80.
- Triplehorn, A.C. y F.N. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's intro- duction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole, EUA.
- Velo, F.G. 1978. *Evaluación de daños de pulgón en colza en Cale- ra, Zacatecas*. Informes de investigación. INIA, Zacatecas.
- Venken, K.J.T. y H.J. Bellen. 2005. Emerging technologies for gene manipulation in *Drosophila melanogaster*. *Nature Reviews Genetics* 6:167-178.

La plaga de chapulines en el estado

Martha Patricia España Luna • Julio Lozano Gutiérrez

Los chapulines *Brachystola magna* y *B. mexicana* (Orthoptera: Romaleidae) se encuentran ampliamente distribuidos en el centro del norte de México. Son insectos grandes y robustos de colores llamativos que no presentan las típicas alas largas y completas de los chapulines, sino que solo poseen cojinetes alares pequeños y redondos (Bright *et al.* 1994). Su tamaño y peso los hacen torpes; se transportan a través de saltos cortos y bruscos. Sin embargo, estas características no les impiden recorrer grandes distancias, ya que bajo ciertas condiciones ambientales migran en bandas a través de las parcelas agrícolas y pastizales devorando por completo las plantas que encuentran a su paso.

Los adultos de *B. magna* presentan el cuerpo de color azulado a café y cojinetes alares rosas con puntos negros (figura 1). Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en áreas semiáridas de Estados Unidos (Joern 1981) y desde 1951 se ha reportado como plaga en los cultivos de algodón en Texas y en los pastizales de California (Eades *et al.* 2011). En México se ha registrado como plaga en



Figura 1. Adultos del chapulín *Brachystola magna*. Foto: Martha Patricia España-Luna.

los estados de Nuevo León, Durango, Coahuila, Zacatecas y Aguascalientes (Lozano y España 2009).

Brachystola mexicana presenta el cuerpo de color café a verde y cojinetes alares con rayas negras (figura 2; Lozano y España 1997b). Esta especie tiene una población introducida en Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas.

Ambas especies de chapulines están establecidas en las regiones sureste, centro y noreste de Zacatecas, que comprenden los municipios de Fresnillo, Guadalupe, Jalpa, Jerez, Juchipila, Momax, Moyahua, Río Grande, Saín Alto, Sombrerete, Teúl de González Ortega, Tlaltenango y Villanueva, en donde provocan pérdidas en cultivos de frijol, durazno, manzano, hortalizas y maíz, entre otros (Lozano y España 2009).

El cultivo más afectado en el estado es el frijol, un adulto de *Brachystola* puede consumir hasta 13 cm² de área foliar en un día (Lozano y España



Figura 2. Adulto de *Brachystola mexicana*. Foto: Julio Lozano-Gutiérrez.

España-Luna, M.P. y J. Lozano-Gutiérrez. 2020. La plaga de chapulines en el estado. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 189-190.

1997a). Por ejemplo, en 1990, en el municipio de Villanueva, una superficie de 5 310 ha cultivadas de frijol se redujo hasta un 80% (INEGI 2006) debido al surgimiento de estos chapulines.

Cabe resaltar que con frecuencia las poblaciones de estos chapulines son dramáticamente abundantes. Por ejemplo, en el año de 1997, en un estudio realizado en el municipio de Villanueva, se contaron hasta 86 chapulines por metro cuadrado en parcelas de frijol (Lozano y España 1997a).

Se cree que el aumento en las poblaciones de *B. magna* y *B. mexicana* observado al inicio de la década de los noventa se debió al incremento en las lluvias. Asimismo, la expansión de la actividad agropecuaria ha invadido el hábitat natural de estos chapulines, lo que originó la migración hacia otros hábitats, entre los que se encuentran los cultivos agrícolas.

Los chapulines *Brachystola*, como otros organismos, también cuentan con enemigos naturales

que regulan sus poblaciones. Como parasitoide se reporta a la mosca *Sarcophaga* sp.; mientras que como depredadores se encuentran la avispa del género *Polistes* y las larvas del escarabajo *Epicauta* sp. que se alimentan de sus huevecillos. Finalmente, están las larvas y adultos del escarabajo *Calosoma* sp. que depredan a sus estadios inmaduros (Lozano y España 2009).

Estas especies de chapulines desempeñan un importante papel ecológico al servir como fuente de alimento para otros animales, así como al controlar las plantas de las que se alimentan. Sin embargo, bajo ciertas condiciones ambientales sus poblaciones crecen de manera descontrolada provocando importantes afectaciones a los cultivos agrícolas y pastizales, y grandes pérdidas económicas. En este sentido, es necesario enriquecer el conocimiento sobre su biología y hábitos, sus enemigos naturales y otros medios de control, mediante los que se pueda atender con oportunidad los brotes de plaga en el estado.

Referencias

- Bright, K.L., E.A. Bernays y V.C. Moran. 1994. Foraging patterns and dietary mixing in the field by the generalist grasshopper *Brachystola magna* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Insect Behavior* 7(6):779-793.
- Eades, D.C., D. Otte, M.M. Cigliano y H. Braun. 2011. *Orthoptera species file online. (Version 2.0/4.0)*. En: <<http://orthoptera.speciesfile.org/Common/editTaxon/Distribution/ShowDistribution.aspx?TaxonNameID=9525>>, última consulta: 18 de mayo de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2006. *Anuario de producción agrícola del estado de Zacatecas*. SEDAGRO/INEGI, México.
- Joern, A. 1981. Importance of behavior and coloration in the control of body temperature by *Brachystola magna* Girard (Orthoptera: Acrididae). *Acrida* 10(3):117-130.
- Lozano-Gutiérrez, J. y M.P. España-Luna. 1997a. Evaluación del área foliar consumida en cultivos básicos por el chapulín *Brachystola* sp. en Zacatecas. En: *Memorias del xxxii Congreso Nacional de Entomología*. Puebla.
- . 1997b. Biología y comportamiento del chapulín *Brachystola* sp. en el estado de Zacatecas. En: *Memorias del xxxii Congreso Nacional de Entomología*. Puebla.
- . 2009. Enemigos naturales y control biológico de *Brachystola magna* (Girard) y *B. mexicana* (Bruner) (Orthoptera: Acrididae) con *Beauveria bassiana* en Zacatecas, México. *Vedalia* 13(2):91-96.

Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)

Miguel Vásquez Bolaños

Las hormigas son insectos que, junto con las abejas y avispas, forman el orden Hymenoptera. Se distinguen de estas por una marcada constricción entre el tórax y el abdomen. Todas las especies de hormigas se agrupan en una única familia: Formicidae. Son organismos sociales con castas diferenciadas y marcadas diferencias morfológicas y conductuales. Una colonia está formada por una o varias reinas (hembras fértiles) y desde decenas hasta millares de obreras (hembras estériles).

La reina es la encargada de poner huevos y es la madre de todas las obreras. Las obreras realizan las funciones de aseo, construcción y mantenimiento del nido, búsqueda y almacenamiento de comida, defensa de la colonia, alimentación de la reina y de las crías, entre otras. El macho tiene como única función fecundar a la reina, después muere; el vuelo nupcial se lleva a cabo principalmente al inicio de la temporada de lluvias. Las hormigas están presentes en casi todos los ambientes terrestres, excepto en los polos y altas montañas, son abundantes sobre todo en los trópicos. Se distribuyen desde el nivel del mar hasta por encima de los 4 mil metros sobre el nivel del mar, concentrándose entre los 800 y 1 600 m de altitud. Se alimentan de una gran variedad de recursos: secreciones azucaradas de origen animal y vegetal, de otros animales, hongos, semillas, cadáveres de animales y excremento. Anidan en el suelo, sobre o dentro de las plantas o en alguna cavidad que les brinde protección y condiciones favorables para el desarrollo de sus crías (Jaffé *et al.* 1993, Fernández 2003).

Diversidad

Se conocen más de 12 660 especies de hormigas a nivel mundial, de las cuales 884 se registran en México (Vásquez-Bolaños 2011). Para el estado

se conocen 19 especies pertenecientes a 14 géneros y seis subfamilias (apéndice 11), lo que representa 2% del total de las especies de hormigas conocidas en el país, con lo que ocupa el vigésimo sexto lugar a nivel nacional (Vásquez-Bolaños 2011). Esta riqueza específica aumentará de manera considerable con el incremento de estudios, ya que se conocen, además de las especies determinadas, 45 morfoespecies. La subfamilia más diversa en Zacatecas es Myrmicinae con seis géneros y 10 especies y las menos diversas, con un género y una especie cada una, son las familias Pseudomyrmecinae y Ponerinae (cuadro 1; Vásquez-Bolaños 2011).

Endemismos

No se conocen especies endémicas para el estado por la falta de trabajos taxonómicos, aunque no se descarta la posibilidad de que sí las haya, sobre todo en zonas de transición entre los tipos de vegetación y zonas áridas.

Distribución

Las hormigas se encuentran prácticamente en todos los hábitats, desde los tropicales, como el bosque tropical caducifolio y el matorral xerófilo, hasta los templados, como los bosques de encino y de pino, así como en zonas áridas (Hölldobler y Wilson 1990). Debido a la falta de trabajos para el estado todavía no es posible establecer patrones de distribución para las especies. Hasta el momento se tienen registros para la parte sur (en los municipios García de la Cadena, Mezquital del Oro y Teúl de González Ortega), en donde se reportan seis especies y 45 morfoespecies que aún no están determinadas (Navarrete-Heredia *et al.* 2007). El resto de

Vásquez-Bolaños, M. 2020. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae). En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 191-193.

las especies se registran en otros trabajos para diversas zonas del estado que todavía requieren de mayor exploración.

Importancia

Las hormigas ocupan diferentes niveles en la red trófica. Cumplen con la función de regular las poblaciones de otros animales al depredarlos, ya sea de manera específica o generalista. Son dispersores de semillas de algunas especies de plantas, lo que se conoce como mirmecocoria. Establecen interacciones mutualistas con una gran cantidad de plantas y animales al protegerlos contra sus depredadores a cambio de recibir una recompensa de tipo alimentario (Rico-Gray 2001).

Hay especies de hormigas que tienen un gran potencial como alimento para el humano, como son las chicanas o chancharras (*Atta mexicana*), los vinitos (*Myrmecosystus depilis*) y los escamoles (*Liometopum apiculatum*); estas especies son explotadas en el centro y norte del país, pero no en Zacatecas, donde también están presentes. Las chicanas (*Atta mexicana*) también son una seria plaga en los cultivos; por ejemplo de cítricos, o en los jardines de casas, al defoliarlos (Vásquez-Bolaños 2003). Algunas otras especies (*Solenopsis* spp.) son consideradas plagas urbanas al invadir casas, y otras tienen importancia médica por los daños que causan con su picadura a la salud humana (Fernández 2003).

Las hormigas están presentes en la cosmovisión de los antiguos pueblos mexicanos: para el pueblo azteca, fue una hormiga (*Pogonomyrmex barbatus*) quien les dio a conocer el maíz a través del dios Quetzalcóatl (Vásquez-Bolaños y Castaño-Meneses 2007).

Estado de conservación y amenazas

Hasta el momento no existe información acerca del estado de conservación de las poblaciones de hormigas en el estado, ni en el país. De las especies de hormigas registradas para Zaca-

Cuadro 1. Subfamilias reportadas para la entidad y su comparación con la diversidad de México y el mundo.

Subfamilia	Mundo	México	Zacatecas
Dolichoderinae	692	50	3
Formicinae	2 831	181	2
Pseudomyrmecinae	221	43	1
Dorylinae	149	60	2
Ponerinae	1 033	48	1
Myrmicinae	6 087	458	10
Total	11 013	840	19

No se incluyen todas las subfamilias presentes en México y el mundo.

Fuente: Fernández 2003, Vásquez-Bolaños 2011.

tecas ninguna figura en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) ni en la Lista Roja (UICN 2014).

Las amenazas que afectan a las hormigas son las mismas que para otros organismos, como el acelerado y descontrolado crecimiento de las zonas urbanas, la deforestación, el cambio de áreas naturales para cultivos o agostaderos y la construcción de vías para el transporte terrestre.

En la actualidad no hay acciones dirigidas a la conservación de alguna especie de hormiga; sin embargo, las decisiones que se tomen para la conservación de alguna área o ecosistema tendrán impacto sobre las hormigas que ahí habiten. Sin duda, mantener las áreas naturales en el mejor estado de conservación representa un beneficio directo hacia las especies de hormigas.

Conclusiones

Es importante y urgente apoyar los proyectos enfocados en conocer la flora y fauna, en particular de hormigas, ya que es uno de los estados menos estudiados. El escaso conocimiento que se tiene sobre este grupo en Zacatecas se debe a la carencia de especialistas a consecuencia de la falta de interés de las instituciones por la diversidad biológica.

Referencias

- Fernández, F. 2003. *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
- Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, EUA.
- Jaffé, K., E. Pérez y J.E. Lattke. 1993. *El mundo de las hormigas*. Equinoccio, Maracay.
- Navarrete-Heredia, J.L., G.A. Quiroz-Rocha, M. Vásquez-Bolaños *et al.* 2007. Coleópteros y hormigas (Coleoptera e Hymenoptera: Formicidae) de algunas localidades del sur de Zacatecas. *Entomología Mexicana* 6(2):1317-1320.
- Rico-Gray, V. 2001. *Encyclopedia of life sciences*. Macmillan Publishers/Nature Publishing Group, EUA.
- 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. Texto vigente.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2014. *The IUCN red list of threatened species*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: 17 de noviembre de 2014.
- Vásquez-Bolaños, M. 2003. *Atta mexicana* (F. Smith, 1858). *Dugesiana* 10(1):37-38.
- . 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* 18(1):95-133.
- Vásquez-Bolaños, M. y G. Castaño-Meneses. 2007. Hormigas en Mesoamérica: una tierra gobernada por dioses. En: *Entomología cultural: una visión iberoamericana*. J.L. Navarrete-Heredia, G.A. Quiroz-Rocha y H.E. Fierros-López (coords.). Universidad de Guadalajara, Guadalajara, pp. 185-198.

Mosquitos (Diptera: Culicidae)

Aldo Iván Ortega Morales • Filiberto Reyes Villanueva

Los mosquitos de la familia Culicidae son insectos del orden Diptera, el cual incluye moscas, tábanos, zancudos o moyotes. Los mosquitos, cuyas hembras son la mayoría hematófagas (se alimentan de sangre), son insectos delgados con las patas muy alargadas (razón por la cual reciben el nombre de zancudos), que se reconocen fácilmente por la presencia de un aparato bucal alargado llamado proboscis y por tener escamas sobre las venas de las alas. Los estados inmaduros (larvas y pupas) son exclusivamente acuáticos y se encuentran en una amplia variedad de cuerpos de agua (Harbach 2011). La principal importancia de estos insectos es la capacidad que tienen las hembras de algunas especies de transmitir enfermedades, como dengue, encefalitis y malaria cuando pican a humanos o a los animales domésticos y silvestres (Ortega-Morales *et al.* 2010).

Diversidad

La familia Culicidae se divide en dos subfamilias: Culicinae y Anophelinae; ambas comprenden una gran variedad de tribus y géneros. Alrededor del mundo se han descrito 3 531 especies (Harbach 2011). Solo Culicinae se divide en tribus: Aedeomyiini, Aedini, Culicini, Culisetini, Ficalbiini, Hodgesiini, Mansoniini, Orthopodomyiini, Sabethini, Toxorhynchitini y Uranotaeniini; a excepción de Ficalbiini y Hodgesiini, todas las tribus se encuentran en México. Un total de 225 especies han sido reportadas en el país, lo que representa 6.4% del total mundial (WRBU 2005). Cabe mencionar que la distribución y taxonomía de los culícidos ha sido ampliamente estudiada en algunos estados del país, como Tlaxcala, Quintana Roo y Tamaulipas.

Por su parte, Zacatecas cuenta con poca información actualizada sobre estos mosquitos, no

obstante que comprende cuatro regiones fisiográficas: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Mesa del Centro y Eje Neovolcánico (INEGI 2000). Hasta el momento, en el estado han sido reportados cuatro géneros, seis subgéneros y 11 especies de culícidos (apéndice 12). La presencia de algunas especies, como *Aedes aegypti*, se infiere por los casos de dengue que se han presentado en algunos municipios, del que es el principal vector; además de *Culex quinquefasciatus*, una especie que se encuentra en todo México (apéndice 12; Díaz-Nájera y Vargas 1973).

Distribución y ecología

A continuación se describen las principales características de las especies de mosquitos registrados en la entidad.

- *Anopheles aztecus*. Es una especie endémica de México, habita en las zonas semiáridas de los estados que comprenden las regiones fisiográficas Mesa del Centro y Eje Neovolcánico, como la Ciudad de México, el Estado de México, Puebla, Tlaxcala y Zacatecas. Los estados inmaduros se encuentran en lagos, pantanos y canales de riego con o sin vegetación acuática presente (Horsfall 1955). Los adultos pueden entrar a los domicilios en donde se les ha observado reposando (Freeborn 1949). Esta especie es un importante vector de malaria humana (Mullen y Durden 2002).

- *Anopheles judithae*. Se distribuye desde Arizona y Sonora, hasta el estado de Zacatecas. Se encuentra entre los 600 y 2 200 msnm. Habita en regiones semiáridas con bosques xerófitos. Los inmaduros son encontrados en huecos de árboles que mantienen agua perenne (Zavortink 1970). En el estado, 40 km al sur de Río Grande, se colectaron diversas larvas a una altitud de 1 900 msnm

Ortega-Morales, A.I. y F. Reyes-Villanueva. 2020. Mosquitos (Diptera: Culicidae). En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 194-198.

que habitaban en el hueco de un árbol con agua de lluvia (Heinemann y Belkin 1977).

- *Anopheles pseudopunctipennis*. Habita desde Kansas y Arkansas en Estados Unidos, hasta Argentina y Brasil (Darsie y Ward 2005). Ha sido reportada en todos los estados de México (figura 1; Vargas y Martínez-Palacios 1956). Los inmaduros habitan en las orillas de cuerpos de agua con movimiento ligero y con presencia de algas, como arroyos, aunque también se encuentran en charcas, pantanos, lagunas y diversos contenedores artificiales. A los adultos les atraen los humanos y han sido encontrados dentro de los domicilios (Vargas y Martínez-Palacios 1956, Ibáñez-Bernal y Martínez-Palacios 1994, Fernández-Salas *et al.* 1999). En México es el principal vector de malaria humana en zonas sobre los mil metros sobre el nivel del mar (González *et al.* 1999).

- *Anopheles franciscanus*. Se distribuye desde el oeste y centro de Estados Unidos hasta el norte de México, donde habita en regiones áridas y semiáridas. Los inmaduros pueden ser encontrados en los mismos criaderos que *A. pseudopunctipennis*, pero aparentemente esta especie tiene preferencia por aquellos que están expuestos directamente a la radiación solar. Los adultos han sido colectados reposando dentro de los domicilios, donde las hembras pueden picar humanos (Aitken 1945, Vargas y Martínez-Palacios 1956).

- *Aedes muelleri*. Se distribuye desde Arizona, Nuevo México y Texas, en Estados Unidos, hasta la Ciudad de México; se encuentra a elevaciones de 1 000 a 2 500 msnm. Los estados inmaduros comúnmente son encontrados en huecos de árboles de zonas de bosques de encino-pino. En Zacatecas diversas larvas de esta especie fueron colectadas 40 km al sur de Río Grande, Sombrerete y Villanueva, en un hueco de árbol con agua de lluvia (Zavortink 1972, Díaz-Nájera y Vargas 1973, Heinemann y Belkin 1977).

- *Aedes campestris*. Se distribuye desde Alaska y Canadá, por las Grandes Llanuras de Norteamérica del oeste de Estados Unidos, hasta el Eje Neovolcánico en México (Bohart y Washino 1978).



Figura 1. *Anopheles pseudopunctipennis*. Foto: D.A. González Villareal/Banco de imágenes CONABIO.

Recientemente se reportó en Rusia (Gornostayeva 2000). Los inmaduros viven en depresiones llenas de agua de lluvia, que rápidamente se vuelve alcalina. Las hembras adultas son persistentes picadoras y se alimentan sobre humanos incluso durante exposición directa al sol (Carpenter y La Casse 1954). Esta especie ha sido reportada como un importante vector de la encefalitis equina del oeste (WEE, por sus siglas en inglés) en el suroeste de Estados Unidos (Clarck *et al.* 1986).

- *Aedes trivittatus*. Se distribuye desde Canadá hasta Oaxaca. Los inmaduros viven en depresiones a nivel del suelo con agua de lluvia; en pantanos y en regiones áridas se han colectado en zonas de inundación a los lados de arroyos, siempre con vegetación cubriendo el agua. Las hembras adultas son picadoras persistentes y suelen hacerlo en la sombra o al atardecer; sin embargo, pueden picar durante el día si se mueve la vegetación donde reposan. En la entidad se colectaron adultos de esta especie 20 km al norte de Villanueva, a 2 000 msnm (figura 2; Arnel 1976, Heinemann y Belkin 1977). El virus *Trivittatus*, que causa enfermedades febriles en humanos, ha sido aislado de esta especie (Arnell 1976).

- *Aedes gabriel*. Es una especie endémica de México; ha sido reportada en los estados de Morelos, Jalisco y Zacatecas, en donde diversas larvas fueron colectadas 16.2 km al suroeste de Jalpa, en un hueco de árbol con agua de lluvia a 1 300 msnm. Los inmaduros han sido colectados en bosques de



Figura 2. *Aedes trivittatus*. Foto: D.A. González Villareal/ Banco de imágenes CONABIO.

encino-pino (Schick 1970). Los hábitos alimenticios de los adultos, así como otros datos ecológicos y de importancia médica son poco estudiados (Heinemann y Belkin 1977, Ortega-Morales *et al.* 2019).

- *Aedes aegypti*. La distribución de esta especie es cosmopolita. Los inmaduros viven en huecos de árboles y en contenedores artificiales con agua limpia. Las hembras adultas son persistentes picadoras de humanos y suelen hacerlo al amanecer y al atardecer. Las hembras permanecen dentro de los domicilios y únicamente salen de ellos para ovipositar (poner sus huevos), aunque también lo hacen dentro de las casas cuando encuentran criaderos disponibles como floreros. Esta especie es frecuentemente encontrada en zonas urbanas y suburbanas de México (Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos 1994). El virus del dengue es la enfermedad transmitida por mosquitos más importante en México y *Aedes aegypti* es el principal vector en el mundo (figura 3; Christophers 1960).

- *Orthopodomyia kummi*. Se distribuye desde Estados Unidos hasta Panamá. Los inmaduros son encontrados en huecos de árboles, así como oquedades de bambú y contenedores artificiales. Nada se sabe al respecto de los adultos, excepto



Figura 3. *Aedes aegypti*. Foto: D.A. González Villareal/ Banco de imágenes CONABIO.

que la hembra posee hábitos nocturnos y se alimenta sobre aves. En el estado se colectaron diversas larvas 40 km al sur de Río Grande y 20 km al norte de Villanueva en huecos de árboles con agua de lluvia a 1 900 y 2 000 msnm respectivamente (Zavortink 1969, Díaz-Nájera y Vargas 1973, Heinemann y Belkin 1977).

- *Culex quinquefasciatus*. Distribución cosmopolita. Los inmaduros pueden ser encontrados en charcas, zonas de inundación, pantanos y contenedores artificiales. Las hembras adultas pueden picar a humanos después del atardecer y dentro de los domicilios, donde ellas reposan durante el día, aunque su principal fuente de sangre son las aves (Belkin *et al.* 1970). Esta especie ha sido reportada como uno de los principales vectores del virus del Nilo occidental (WNV, por sus siglas en inglés), una enfermedad que causa encefalitis y meningitis en humanos y equinos, encefalitis de San Luis (SLE, por sus siglas en inglés) y dirofilariasis, una enfermedad que causa cardiopatías en perros (Carpenter y La Casse 1954, Sirivanakarn 1976, Heinemann y Belkin 1977).

Conclusiones

Zacatecas posee una fisiografía con ecosistemas habitados por distintas especies de mosquitos. Aunque los reportes sobre diversidad en el estado son aún muy pobres, se tiene el registro de algunas especies de mosquitos involucradas en la transmisión de enfermedades graves en México.

Se enfatiza la necesidad de realizar nuevos estudios faunísticos en donde se incluyan especies de mosquitos domésticas y silvestres presentes en regiones urbanas, suburbanas y agrestes, con el fin

de actualizar el listado de culícidos que habitan en la entidad, pues de acuerdo a su riqueza fisiográfica es seguro que albergue una gran diversidad de estos insectos.

Referencias

- Aitken, T.G. 1945. Studies on the Anopheline complex of western America. *University of California Publications in Entomology* 7(11):273-264.
- Arnell, J.H. 1976. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xxxiii. A revision of the Scapularis group of *Aedes* (Ochlerotatus). *Contributions of the American Entomological Institute* 13(2):1-114.
- Belkin, J.N., S.J. Heniemann y W.A. Page. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xxi. The Culicidae of Jamaica. *Contributions of the American Entomological Institute* 6(1):1-458.
- Bohart, R.M. y R.K. Washino. 1978. *Mosquitoes of California*. University of California Press, California.
- Carpenter, S.J. y W.J. La Casse. 1954. *Mosquitoes of North America (north of Mexico)*. University of California Press, California.
- Christophers, S.R. 1960. *Aedes aegypti* (L.). *The yellow fever mosquito, its life history, bionomics and structure*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Clarck, G.G., C.L. Grabbs, C.L. Bailey *et al.* 1986. Identification of *Aedes campestris* from New Mexico: with notes on the isolation of western equine encephalitis and other arboviruses. *Journal of the American Mosquito Control Association* 2(4):529-534.
- Darsie, R.F. Jr. y R.A. Ward. 2005. *Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, north of Mexico*. University Press of Florida, Gainesville.
- Díaz-Nájera, A. y L. Vargas. 1973. Mosquitos mexicanos, Distribución geográfica actualizada. *Revista de Investigación en Salud Pública* 33:111-125.
- Fernández-Salas, I.S., M.R. Henry, D.R. Roberts *et al.* 1999. Bionomics of adult *Anopheles pseudopunctipennis* (Diptera: Culicidae) in the Tapachula foothills area of southern Mexico. *Journal of Medical Entomology* 31(5):663-670.
- Freeborn, S.B. 1949. Anophelines of the Nearctic region. En: *Malariaology. A comprehensive survey of all aspects of this group of diseases from a global standpoint*. M.K. Boyd (ed.). W.B Saunders Company, Londres, pp. 379-398.
- González, C.L., M.R. Henry, J.C. Nettel *et al.* 1999. Differential susceptibilities of *Anopheles albimanus* and *Anopheles pseudopunctipennis* to infections with coindigenous *Plasmodium vivax* variants VK210 and VK247 in southern Mexico. *Infection and Immunity* 67(1):410-412.
- Gornostayeva, R.M. 2000. Checklist of the mosquitos (Culicidae) from the asian part of Russia. *Parazitologiya* 34(6):477-485.
- Harbach, R.E. 2011. *Mosquito taxonomic inventory*. En: <<http://mosquito-taxonomic-inventory.info>>, última consulta: 1 de julio de 2011.
- Heinemann, S.J. y J.N. Belkin. 1977. Collection records of the project mosquitoes of middle America 9. Mexico (MEX, MF, MT, MX). *Mosquito Systematics* 9(4):483-534.
- Horsfall, W.R. 1955. *Mosquitoes, their bionomics, and relation to disease*. The Ronald Press Company, Nueva York.
- Ibáñez-Bernal, S. y C. Martínez-Campos 1994. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae). *Folia Entomológica Mexicana* 92:43-73.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2000. *Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Provincias Fisiográficas escala 1:250 000*. INEGI, México.
- Mullen, G. y L. Durden. 2002. *Medical and veterinary entomology*. Academic Press, California.
- Ortega-Morales, A.I., P.A. Mis, A.Q. Elizondo *et al.* 2010. The mosquitoes of Quintana Roo state, Mexico (Diptera: Culicidae). *Acta Zoológica Mexicana* 26(1):33-46.
- Ortega-Morales, A.I., G. Pérez-Paredes, Q.K. Siller-Rodríguez *et al.* 2019. First record of *Aedes gabriel* Schick (Diptera: Culicidae) in Hidalgo state, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association* 35(1):51-54
- Schick, R.X. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xx. The terrenus group of *Aedes* (*Finlaya*). *Contributions of the American Entomological Institute* 5(3):1-158.
- Sirivanakarn, S. 1976. Medical entomology studies iii. A revision of the subgenus *Culex* in the oriental region (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 12(2):1-272.

Vargas, L. 1956. Especies y distribución de mosquitos mexicanos no anofelinos. *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales* 6(1):19-36.

Vargas, L. y A. Martínez-Palacios 1956. *Anofelinos mexicanos, taxonomía y distribución*. Prensa Médica Mexicana, México.

WRBU. Walter Reed Biosystematics Unit. 2005. *Mosquitoes*. En: <<http://www.wrbu.org/index.html>>, última consulta: 1 de julio de 2011.

Zavortink, J.T. 1969. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) viii: A prodrome of the genus *Orthopodomyia*. *Contributions of the American Entomological Institute* 3(2):1-221.

———. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xix: The treehole *Anopheles* of the new world. *Contributions of the American Entomological Institute* 5(2):1-35.

———. 1972. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xxxviii: The new world species formerly placed in *Aedes* (*Finlaya*). *Contributions of the American Entomological Institute* 8(3):1-206.

Diversidad y distribución estacional de lepidópteros nocturnos en Fresnillo

Susana del Rocío López Navarro • Luis Delgado Saldívar

El orden Lepidoptera (mariposas y polillas) constituye el segundo de mayor riqueza en el ámbito mundial; agrupa más de 200 mil especies (Hernández e Iglesias 2001). Para México se ha estimado la presencia de cerca de 25 mil especies, que representan aproximadamente 20% del total mundial (Michán *et al.* 2004). Este orden está definido como un linaje evolutivo único, cuyas características más evidentes son las escamas modificadas, que son pelos aplanados que cubren el cuerpo y alas a manera de tejas y que les confieren la extraordinaria variedad de patrones de color; además tienen una probóscide tubular, que es un apéndice alargado que, en las formas más primitivas, sirve para el bombeo de líquidos alimenticios (Powell y Opler 2009). Son insectos ovíparos y de metamorfosis completa (desarrollo holometábolo; De la Fuente 1994, Arnett 2000).

De enero de 2010 a enero de 2011 se realizó un estudio para determinar la diversidad y distribución estacional de lepidópteros nocturnos en Fresnillo, Zacatecas. Se efectuaron 47 recolectas en 12 diferentes puntos de la cabecera municipal y sus alrededores, abarcando tres tipos de hábitats (mancha urbana con áreas verdes, agricultura de riego y pastizal inducido) y durante las cuatro fases lunares (luna nueva, cuarto creciente, luna llena y cuarto menguante). Los organismos fueron capturados con el método de trampa de luz negra, que consiste en reflejar la luz de una lámpara sobre una tela blanca, la cual atrae a los lepidópteros nocturnos (y otros insectos) desde lugares distantes (Gaviño *et al.* 1972). La trampa fue colocada en sitios donde hubiera poca incidencia de luz artificial y que pudiera ser vista por los insectos del área (De

la Maza 1987). También se realizó una revisión de las fuentes de luz artificial cercanas para atrapar a los organismos atraídos por estas. Los especímenes recolectados fueron montados e identificados con ayuda de claves taxonómicas, guías ilustradas y por su comparación con organismos depositados en la colección lepidóptera de la colección nacional de insectos del Instituto de Biología de la UNAM. A partir de 64 organismos capturados se lograron registrar 22 géneros y 22 especies (16 identificadas), pertenecientes a cuatro familias (apéndice 13).

La familia más abundante fue Noctuidae con 81% del total de organismos recolectados (figura 1). La mayor parte de las capturas ocurrió en el pastizal inducido, durante el verano y en la fase lunar de cuarto menguante, posiblemente porque la perturbación es menor que en el resto de los hábitats muestreados y por la escasa caída de lluvias durante el verano. La mayor incidencia de capturas durante la fase de cuarto menguante no concuerda con lo mencionado por la literatura, que señala que las noches oscuras, nubladas o sin luna son las ideales para capturar a estos animales (De la Maza 1987).

Las especies recolectadas en el presente estudio se distribuyen a lo largo de diferentes regiones del continente americano, algunas poseen registros en las islas del Caribe y, una de ellas (*Mythimna unipuncta*), ha sido localizada de manera dispersa en Europa. Entre las que son consideradas especies plaga para cultivos y pastos de importancia económica se encuentran: la polilla del ligustro (*Palpita quadristigmalis*), el gusano del tomate (*Manduca quinquemaculatus*, previamente reportada por

López N., S.R. y L. Delgado Saldívar. 2020. Diversidad y distribución estacional de lepidópteros nocturnos en Fresnillo. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 199-202.



Figura 1. Especies de mariposas nocturnas recolectadas de la familia Noctuidae: a) *Plagiomimicus laodamia*; b) *Notarctia proxima* (macho); y c) *Opsigalea blanchardi*. Fotos: Susana del Rocío López-Navarro.

González-Hernández 1998), el falso medidor de pastos (*Mocis latipes*; figura 2), *Helicoverpa* sp., el gusano Bertha (*Mamestra configurata*), el gusano cogollero (*M. unipuncta*), el gusano cortador de frijol occidental (*Striacosta albicosta*, previamente reportado por Mena-Covarrubias y Velásquez-Valle 2010) y el gusano áspero (*Agrotis malefida*).

Es posible que se encuentren más especies si se amplía este estudio, ya que al realizar un análisis utilizando los estimadores de riqueza específica (número de especies) ACE (Chao y Lee 1992), Chao 2 (Chao 1984, Colwell y Coddington 1994) y Jack 2 (Burnham y Overton 1978, 1979), y al elaborar las curvas de acumulación de especies, se determinó que el porcentaje de especies observadas fue menor que el de las esperadas (39.51%), es decir, se observaron 19 de 55 especies esperadas para el área de estudio. Por tipo de hábitat, el

porcentaje de especies observadas en agricultura de riego fue el mayor encontrado en todo el estudio (61.53% de las especies esperadas). De acuerdo con estos resultados, puede inferirse que el muestreo realizado fue insuficiente y, por lo tanto, con los datos obtenidos, no es posible realizar otros análisis que completen la información sobre la situación de estas especies en el área de estudio (Álvarez *et al.* 2006).

Los resultados de este trabajo son preliminares, pero dan una buena aproximación sobre la fauna de lepidópteros nocturnos en Fresnillo. Para obtener resultados más significativos es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo. El que se haya presentado una temporada de lluvias con precipitaciones escasas provocó una baja emergencia de especies, por lo que si en años subsecuentes se realiza el seguimiento del estudio y, si



Figura 2. Mariposa nocturna de la especie *Mocis latipes*. Foto: Susana del Rocío López-Navarro.

esta condición mejora, es muy probable que aumente el número de especies capturadas.

Las especies encontradas son relevantes porque son plagas potenciales para cultivos y pastos de importancia económica, tal como sucede con *M. latipes*, considerada la principal plaga de pastos forrajeros en Cuba (Alarcón *et al.* 2004). Los lepidópteros, además de constituir una parte importante de los ecosistemas, son indicadores indiscutibles

del estado del medio ambiente en el que viven, de modo que la disminución del número de individuos de una población o del número de especies que integran una comunidad puede suponer, a largo plazo, un grave peligro para la totalidad del ecosistema (Iglesias 1993). Es por ello que su conocimiento resulta importante para la conservación, tanto de estos ecosistemas como de las mismas mariposas nocturnas (Arias-Camino 2007).

Referencias

Alarcón, L., J. Cortiñas, S.F. Jiménez *et al.* 2004. Zonificación de *Mocis latipes* (Guénéé) (Lepidoptera: Noctuidae) en las empresas pecuarias de la provincia de Las Tunas, Cuba. *Fitosanidad* 8(2):17-20.

Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar *et al.* 2006. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de*

biodiversidad. C.M. Villa (ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 185-225.

Arias-Camino, C.C. 2007. *Lepidópteros nocturnos: Sphingidae y Saturniidae, del municipio de Calvillo, Aguascalientes, México*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.

Arnett, R.H. 2000. *American Insects*. CRC Press, EUA.

- Burnham, K.P. y W.S. Overton. 1978. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika* 65:623-633.
- . 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology* 60:927-936.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 7:256-270.
- Chao, A. y S.M. Lee. 1992. Estimating the number of clases via simple coverage. *Journal of American Statistical Association* 417:210-217.
- Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London* 345:101-118.
- De la Fuente, J. 1994. *Zoología de Artrópodos*. McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid.
- De la Maza, R. 1987. *Mariposas Mexicanas: guía para su colecta y determinación*. FCE, México.
- Gaviño, G., C. Juárez y H. Figueroa. 1972. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. Limusa, México.
- González-Hernández, A. 1998. *Inventario de Hymenoptera parasítica en México. Proyecto P 21*. CONABIO, México.
- Hernández, B.F. y A.L.G. Iglesias. 2001. La diversidad del orden Lepidoptera en el estado de Veracruz, México: una síntesis preliminar. *Cuadernos de Biodiversidad* 7(3):7-10.
- Iglesias, F.D.J. 1993. Importancia de los lepidópteros en el funcionamiento de los ecosistemas forestales. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 4:7-8.
- Mena-Covarrubias, J. y R. Velásquez-Valle. 2010. *Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas*. INIFAP, Zacatecas.
- Michán, L., J. Llorente, A. Martínez y D. Castro. 2004. Breve historia de la taxonomía de lepidóptera en México durante el siglo xx. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente, J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). Facultad de Ciencias-UNAM, México, pp. 5-42.
- Powell, J.A. y A.P. Opler. 2009. *Moths of western North America*. University of California Press, EUA.

Polillas tigre

Fernando Hernández Baz • María Cristina MacSwiney González • Miguel Ángel Morón Ríos†

Las polillas o palomillas, junto con las mariposas, constituyen un grupo de lepidópteros que cuenta con cerca de 250 mil especies en todo el mundo, distribuidas en promedio en 120 familias (Scoble 1992). Además de tener un cuerpo segmentado en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen) y apéndices articulados, estos insectos se caracterizan por: 1) tener un exoesqueleto endurecido formado por un azúcar denominada quitina y una proteína llamada esclerotina, 2) poseer dos pares de alas membranosas extensas, usualmente recubiertas por escamas y 3) tener un aparato bucal en forma de espiral llamado espiritrompa.

Las palomillas tigre (Arctiidae) se caracterizan por su cuerpo robusto, con frecuencia cubierto de pilosidad (pequeños pelos) y una expansión alar aproximada de 12 a 70 mm. La forma usual de sus alas es estrecha, lo que les da una apariencia similar a las avispas, aunque también pueden ser anchas; generalmente muestran colores en tonos brillantes, amarillos o anaranjados, pero también pueden ser blancas, negras o transparentes. Si bien su vuelo es preferentemente nocturno, algunas especies prefieren volar durante el día. En general, la biología de la mayoría de las especies no se conoce, solo se sabe sobre los ciclos de vida de algunas especies de ártidos que tienen importancia agrícola o forestal, como *Halisidota alternata* que afecta a *Pinus patula*, así como *Lophocampa alternata* que consume follaje de diversas especies de *Pinus* spp.

Las Arctiidae incluyen cerca de 11 mil especies en todo el mundo (Watson y Goodger 1986). De las 719 que están presentes en el país (Hernández-Baz 1992, Beutelspacher 1995a, 1995b, 1996), tan solo tres especies: *Lerina incarnata*, *Pygarctia pterygostigma* y *Utetheisa ornatrix* (figura 1) se

han registrado en un recuento preliminar para Zacatecas, lo que corresponde a 0.4% del total nacional, de tal forma que actualmente no se conoce con detalle la distribución de las especies de las polillas tigre en la entidad, principalmente debido a las reducidas investigaciones que se han realizado sobre este grupo.

Además de la necesidad de conocer su diversidad, distribución y su abundancia, es importante contar con un inventario más completo de los lepidópteros de Zacatecas, ya que juegan un papel fundamental en los ecosistemas naturales: en estado adulto (mariposa o polilla) polinizan flores pero, por otro lado, su estado de larva puede ser dañino para las plantaciones agrícolas y forestales cuando sus poblaciones aumentan en forma desproporcionada y se convierten en plagas. A nivel nacional, por ejemplo, *Halisidota alternata* afecta al pino triste (*Pinus patula*), el gusano *Lophocampa cibriani* daña al *Pinus ayacahuite* y a *Pinus cembroides*, y *L. alternata* consume follaje de diversas especies de coníferas, entre las que destacan *Abies religiosa*, *P. ayacahuite*, *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. rudis* y *P. teocote* (Cibrián *et al.* 1998, Hernández-Baz 1999).

En las plantaciones agrícolas, a escala nacional, destaca *Estigmene acrea* (figura 2), conocido como el “gusano peludo”, porque afecta a la alfalfa, el algodón y el tabaco, entre otros cultivos (Sifuentes y Young 1964, Hernández-Baz 1993, Roman *et al.* 1997). Es importante destacar que a la fecha no se ha analizado la magnitud de las pérdidas económicas ocasionadas por estas palomillas en el estado.

La principal amenaza para las polillas Arctiidae y otros lepidópteros, es la fuerte y constante presión antropogénica, como la contaminación, la

Hernández-Baz, F., M.C. MacSwiney G. y M.A. Morón. 2020. Polillas tigre. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 203-205.



Figura 1. *Utetheisa ornatix*. Ejemplar depositado en la colección, clave SEMARNAT/CITES/CP-0026-VER/05. Foto: Fernando Hernández-Baz.

alteración y pérdida de hábitat por deforestación para usos agrícolas y ganaderos o para desarrollos habitacionales. En la entidad, hasta el momento no se han especificado qué regiones necesitan ser atendidas con prontitud, ya que se adolece de un inventario completo y tampoco se conoce su estado de conservación ni la existencia de especies endémicas.

En esta primera etapa se presenta una lista preliminar de tres especies, que se estima pueda incrementarse en los próximos años. Aunque ninguna de las especies de polillas reportada aquí figura en la NOM-059 (SEMARNAT 2010), esto no significa que se encuentren sin riesgo, por lo que se sugieren tres acciones para su conservación: 1) conservar lo mejor posible los diversos ecosistemas de las áreas naturales protegidas (ANP), como el Parque Nacional Sierra de Órganos y las nueve áreas en vías de declaración como ANP, tales como la sierra de Monte Escobedo, la sierra de Cardos y la sierra de Valparaíso; 2) promover un inventario lo más completo posible de este grupo de polillas en todas estas áreas y de ser posible en todo el territorio zacatecano y



Figura 2. a) Macho y b) hembra de *Estigmene acrea*. Ejemplares depositados en la colección, clave SEMARNAT/CITES/CP-0026-VER/05. Fotos: Fernando Hernández-Baz.

3) evaluar sus poblaciones para proponer las acciones de conservación correspondientes.

Finalmente, desde un enfoque de conservación de los bosques, se recomienda llevar a cabo muestreos de estos insectos en las ANP

decretadas o en vías de declaración, a fin de detectar taxones que se puedan tornar en plagas y así poder implementar medidas de prevención y control antes de que el ecosistema se vea severamente dañado.

Referencias

- Beutelspacher, B.C.R. 1995a. Catálogo de los lepidópteros de México. Familia Arctiidae (I Parte) (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Lepidopterología* 23(91):291-306.
- . 1995b. Catálogo de los lepidópteros de México. Familia Arctiidae (II Parte) (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Lepidopterología* 23(92):379-409.
- . 1996. *Catálogo de los lepidópteros de México*. Familia Arctiidae (III Parte) (Insecta: Lepidoptera). *Revista de Lepidopterología* 24(93):55-80.
- Cibrián, T.D., J.T. Montiel, R. Campos-B. et al. 1998. *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Hernández-Baz, F. 1992. Catálogo de los Ctenuchiidae (Insecta: Lepidoptera: Heterocera) de México. *Boletín Sociedad Mexicana de Lepidopterología* 2:19-47.
- . 1993. Mariposas nocturnas de Catemaco, Veracruz, México. I: Arctiidae (Lepidoptera: Heterocera). *Boletín Sociedad Veracruzana de Zoología* 3(1):1-14.
- . 1999. Los lepidópteros plagas de las coníferas en México. *Foresta Veracruzana* 1(3):41-49.
- Roman, D., J.L. Ayala-O, C. Rodríguez-H et al. 1997. *Plagas agrícolas*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Scoble, M.J. 1992. *The Lepidoptera form, function and diversity*. The Natural History Museum/Oxford University Press, Oxford.
- 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. Texto vigente.
- Sifuentes, J.A. y W.R. Young. 1964. *El gusano peludo Estigmene acrea (Drury): biología, hospederas, enemigos naturales y efectividad de algunos insecticidas para su combate en el valle del Yaqui*. Centro regional de ayuda técnica A.I.P., México.
- Watson, A. y D.T. Goodger. 1986. Catalogue of the neotropical tigermonths. *Occasional Papers on Systematics Entomology* 1:1-71.

Ciempíes (Chilopoda)

Fabio Germán Cupul Magaña

La superclase Myriapoda incluye a dos grupos de animales conocidos comúnmente como milpiés (clase Diplopoda) y ciempiés (clase Chilopoda). Los ciempiés están representados a nivel mundial por cerca de 3 300 especies que pueblan la Tierra desde hace 420 millones de años y que están distribuidas dentro de cinco órdenes: Scutigermorpha, Lithobiomorpha, Craterostigmomorpha, Scolopendromorpha y Geophilomorpha (Edgecombe y Giribet 2007). Son depredadores consumados que forman parte importante de la fauna del suelo de desiertos, selvas y bosques de las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Lewis 1981); además, son un componente principal de la dieta de otros grupos zoológicos como aves y mamíferos (Cupul-Magaña 2010a).

Se trata de animales de cuerpo blando y deprimido dorsoventralmente, cuya talla varía de 1 a 10 cm, aunque existen especies tropicales que alcanzan los 26 cm. El cuerpo está segmentado y diferenciado en cabeza y tronco. En cada segmento se observa un par de patas, cuyo número varía de acuerdo con la especie; pueden variar desde 15 hasta 191 pares a lo largo de todo el cuerpo, es decir, de 30 a 382 patas (algunos ciempiés nacen con un número definitivo de extremidades y segmentos y otros los incrementan a lo largo de su desarrollo hasta alcanzar un número final en la adultez). El primer par de patas está modificado a manera de colmillos, llamados forcípulas, a través de los cuales inoculan veneno a sus presas o como defensa (Lewis 1981).

En México, los primeros estudios sobre los ciempiés fueron realizados por naturalistas e investigadores europeos y se remontan al año de 1839 (Cupul-Magaña 2010b). A los miriapodólogos (nombre que se les da a los estudiosos de los

milpiés y ciempiés) de los Estados Unidos, Sudamérica y Europa, que continuaron con los trabajos de investigación, se les han sumado recientemente al menos un par de mexicanos: los doctores Julián Bueno-Villegas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Fabio G. Cupul-Magaña de la Universidad de Guadalajara. Hasta el momento, en el territorio nacional se han registrado 183 especies de ciempiés incluidas en cuatro órdenes y 14 familias (cuadro 1; Cupul-Magaña 2009, 2010c). A pesar de esta diversidad, el conocimiento sobre su ecología y distribución es limitado (Cupul-Magaña 2009, 2010b).

Diversidad

Se han registrado tres especies de ciempiés para Zacatecas incluidas dentro del orden Scolopendromorpha y la familia Scolopendridae (Pocock 1895-1910, Shelley 2002, 2006, Cupul-Magaña 2010b): *Scolopendra pachygnatha*, *S. polymorpha* y *S. viridis* (figura 1). No se han encontrado representantes de los órdenes Lithobiomorpha, Scutigermorpha y Geophilomorpha.

Estos registros provienen de colectas realizadas en los años de 1895, 1947, 1965, 2001 y 2009, lo que evidencia la ausencia de un esfuerzo sistemático por inventariar la fauna de ciempiés del estado. Por eso, la realización de estudios continuos sin duda incrementará significativamente el número de órdenes, familias y especies.

Endemismos

Solo una de las tres especies registradas es endémica del estado (*Scolopendra pachygnatha*); de hecho, la especie solo se conoce para su localidad tipo: Mezquital del Oro, en el municipio del mismo nombre, al sur del estado. El ejemplar tipo

Cupul-Magaña, F.G. 2020. Ciempiés (Chilopoda). En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 206-210.

Cuadro 1. Órdenes, familias y número de especies de ciempiés presentes en México.

Orden	Familia	Especies
Scutigermorpha	Psellioididae	1
	Scutigeridae	5
Lithobiomorpha	Lithobiidae	56
	Henicopidae	3
Scolopendromorpha	Scolopendridae	20
	Cryptopidae	3
	Scolopocryptopidae	19
	Plutoniumidae	1
Geophilomorpha	Gonibregmatidae	5
	Oryidae	2
	Geophilidae	37
	Mecistocephalidae	1
	Schendylidae	19
	Himantariidae	11
Total	14	183

Fuente: Cupul-Magaña 2009, 2010c.

(holotipo) se encuentra depositado en el Museo de Historia Natural de Londres, Inglaterra (Shelley 2006). El resto de las especies encontradas en el estado se distribuye ampliamente en México y hacia los Estados Unidos de América y Centroamérica (Shelley 2006, Cupul-Magaña 2007).

Distribución

Hasta el momento no ha sido posible mapear el área de su distribución en el estado por la ausencia de estudios a largo plazo, por lo que esta información se limita a las localidades donde fueron encontrados los ejemplares:

- *Scolopendra viridis* en la ciudad de Zacatecas y la localidad de Canutillo (municipio de Sombrerete),
- *Scolopendra polymorpha* en Fresnillo y San Juan Capistrano (municipio de Valparaíso), y
- *Scolopendra pachygnatha*, que solo se conoce para Mezquital del Oro (figura 2; Pocock 1895-1910, Shelley 2002, 2006, Cupul-Magaña 2010b).

Importancia

De manera general, este grupo de miriápodos forma parte significativa de la dieta de mamíferos terrestres, aves y hasta serpientes (Leopold y McCabe 1957, Sanabria *et al.* 1995, Taylor 2001, Cantú-Salazar *et al.* 2005). En México se tienen estudios que los incluyen como una fracción significativa de la fauna del suelo y la hojarasca del bosque seco (Palacios-Vargas *et al.* 2007). Asimismo, son relevantes en salud pública porque tienen la capacidad de infligir mordeduras venenosas con las forcípulas (Shelley 2002), lo que en las personas provoca dolor e inflamación en la zona afectada y, en muy raras ocasiones, llega a ser fatal. Por otra parte, se sabe que los



Figura 1. Dos de las tres especies de ciempiés escolopendromorfos registrados en el estado. a) *Scolopendra polymorpha* o ciempiés tigre y b) *Scolopendra viridis* o ciempiés verde. Fotos: Fabio G. Cupul-Magaña.

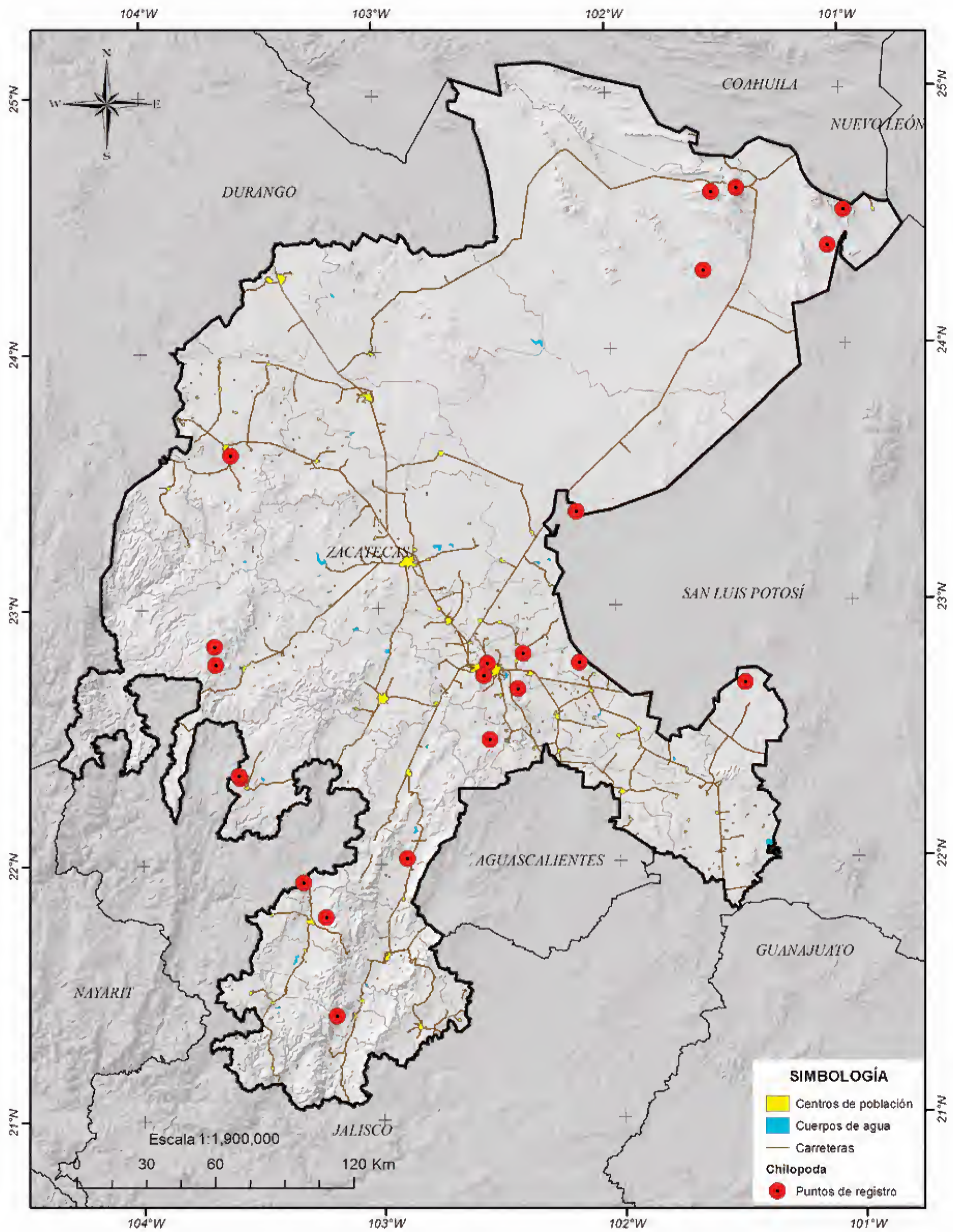


Figura 2. Puntos de registro de los ciempiés (círculos rojos) y los asentamientos humanos más importantes en el estado (amarillo). Fuente: elaboración propia.

componentes extraídos de este veneno pueden tener un uso médico-farmacéutico, ya sea como agentes antibacteriales, analgésicos o anti-tumorales (Cupul-Magaña 2010a).

Estado de conservación y amenazas

No se dispone de suficiente información para realizar una evaluación de su estado de conservación en Zacatecas, por lo que hasta el momento puede ser definido como incierto.

Las actividades agrícolas, con la consecuente destrucción de su hábitat, como la selva o el bosque, son prácticas que potencialmente pueden mermar las poblaciones de los ciempiés. Por ejemplo, en estudios realizados en Kenia se ha observado que la densidad de Chilopoda es baja en tierras arables, en comparación con los altos registros reportados en los bosques. Es posible que la densidad sea menor en ecosistemas modificados, porque las prácticas de manejo que se llevan a cabo en ellos resultan en la destrucción de sus hábitats de anidación, modificación del

microclima del suelo, remoción del sustrato, así como la baja diversidad y densidad de fuentes de alimento (Karanja *et al.* 2009).

Conclusiones y recomendaciones

Es inminente iniciar estudios que evalúen la diversidad y abundancia de los ciempiés para conocer el papel que juegan dentro de los ecosistemas del estado. Además, los ciempiés (junto con los milpiés y escorpiones) son elementos útiles al momento de estimar la diversidad de una región, en virtud de que son longevos, de relativa baja movilidad, están representados por un amplio intervalo de tamaños y pueden ser determinados por expertos hasta nivel de especie (aunque en las especies mexicanas es posible hacerlo bien hasta familia o género en algunos grupos). Estos atributos pueden contribuir a tomarlos como indicadores de la diversidad de invertebrados no voladores del suelo (Druce *et al.* 2004). Asimismo, la composición de la macrofauna del suelo puede ser indicadora de la “salud” de este ambiente (Bautista *et al.* 2009).

Referencias

- Bautista, F., C. Díaz-Castelazo y M. García-Robles. 2009. Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:185-197.
- Cantú-Salazar, L., M.G. Hidalgo-Mihart, C.A. López-González y A. González-Romero. 2005. Diet and food resource use by pygmy skunk (*Spilogale pygmaea*) in the tropical dry forest of Chamela, Mexico. *Journal of Zoology of London* 267:283-289.
- Cupul-Magaña, F.G. 2007. *Scolopendra viridis*. *Dugesiana* 14(2):53-57.
- . 2009. Lista nominal de especies de ciempiés (Chilopoda) para México. *Biocyt* 2(6):48-54.
- . 2010a. El ciempiés: un bicho que se parece al borde de un petate viejo. *Biodiversitas* 88:8-11.
- . 2010b. An annotated list of the centipedes (Chilopoda) in the National Collection of Arachnids, Instituto de Biología, UNAM. *Insecta Mundi* 125:1-10.
- . 2010c. Adenda a la lista nominal de especies de ciempiés (Chilopoda) para México. *Biocyt* 3(11):176-180.
- Druce, D., M. Hamer y R. Slotow. 2004. Sampling strategies for millipedes (Diplopoda), centipedes (Chilopoda) and scorpions (Scorpionida) in savanna habitats. *African Zoology* 39(2):293-304.
- Edgecombe, G.E. y G. Giribet. 2007. Evolutionary biology of centipedes. *Annual Review of Entomology* 52:151-170.
- Karanja, N.K., F.O. Ayuke, E.M. Muya *et al.* 2009. Soil macrofauna community structure across land use systems of Taita, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 11:385-396.
- Leopold, A.S. y R.A. McCabe. 1957. Natural history of the Montezuma quail in Mexico. *Condor* 59(1):3-26.
- Lewis, J.G.E. 1981. *The biology of centipedes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Palacios-Vargas, J.G., G. Castaño-Meneses, J.A. Gómez-Anaya *et al.* 2007. Litter and soil arthropods diversity and

- density in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16(13):3703-3717.
- Pocock, R.I. 1895-1910. Chilopoda and Diplopoda. *Biologia Centrali-Americana* 14:1-217.
- Sanabria, B., A. Ortega-Rubio y C. Argüelles-Méndez. 1995. Food habits of the coyote in the Vizcaino desert, Mexico. *Ohio Journal of Science* 95(4):289-291.
- Shelley, R.M. 2002. A synopsis of the North American centipedes of the order Scolopendromorpha (Chilopoda). *Virginia Museum of Natural History Memoir* (5):1-108.
- . 2006. A chronological catalog of the new world species of *Scolopendra* L., 1758 (Chilopoda: Scolopendromorpha: Scolopendridae). *Zootaxa* 1253:1-50.
- Taylor, E.N. 2001. Diet of the Baja California rattlesnake, *Crotalus enyo* (Viperidae). *Copeia* 2001(2):553-555.

Diversidad de entomofauna necrófaga en el municipio de Guadalupe

Diana Estephanie Carrillo Lara • Jaime Escoto Rocha • José Jesús Sigala Rodríguez

La entomología forense es una ciencia que determina, a través de la diversidad y los tiempos de llegadas y desarrollo de los diferentes estadios larvarios de los insectos, el tiempo transcurrido desde que ocurrió una muerte hasta el momento en el que se descubrieron los restos en proceso de descomposición (Escoto-Rocha 2008, Byrd y Castner 2010). Los principales órdenes de insectos que se alimentan de los cuerpos de animales o personas muertas son: Diptera (moscas y mosquitos) y Coleoptera (escarabajos; De la Barrera-Escamilla 1999).

Con el objeto de conocer la diversidad estacional de insectos que colonizan un cuerpo en descomposición en la región de Guadalupe se analizaron para cada estación de año, los cadáveres de cuatro ejemplares de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) con un peso de entre 10 y 12 kg. Estos fueron sacrificados según la NOM-033-ZOO-1995 (electroinsensibilización; SAGAR 1995) en las antiguas instalaciones de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas (22° 75' 740" N, 102° 50' 994" O), donde fueron colocados directamente en el suelo, dentro de una jaula para evitar que fueran consumidos por algún vertebrado carroñero. Se recolectaron los insectos adultos e inmaduros de los cadáveres por un periodo de 21 a 31 días según las técnicas de Gaviño *et al.* (2000). Posteriormente se identificó el material en el área de procesamiento de la colección zoológica del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Para cada temporada los resultados se organizaron en las etapas de descomposición descritas por Gunn (2009): fresco,

hinchado, en putrefacción y momificación o restos putrefactos secos (cuadro 1).

Las temporadas de muestreo fueron: en otoño, del 26 de noviembre al 26 de diciembre de 2010; en invierno, del 28 de febrero al 20 de marzo de 2011; durante la primavera, del 8 al 28 de junio de 2011 y en verano del 1 al 21 de septiembre de 2011. La duración de las etapas de descomposición varió de uno a dos días para el estado fresco, de dos a tres para el estado hinchado, de siete a doce para el estado en putrefacción y de trece o más para el estado de momificación (cuadro 1, figura 1).

Se obtuvieron en total 25 especies de insectos (tres no pudieron ser determinadas), de las cuales nueve pertenecen al orden Coleoptera (escarabajos) con seis familias; 13 especies al orden Diptera (moscas) con seis familias; una especie no determinada del orden Hemiptera (chinchas) perteneciente a la familia Nabidae; y dos especies del orden Hymenoptera (avispa, hormiga y abeja; cuadro 2). En la temporada de otoño se recolectaron nueve especies de coleópteros, 11 de dípteros, y dos de hemípteros (una no identificada) para obtener un total de 21 especies. En la temporada de invierno se colectaron siete especies de coleópteros y nueve de dípteros, una especie de hemíptero y una más de himenóptero, con 18 especies en total. En la temporada de primavera se recolectaron 10 especies en total, de las cuales cuatro son coleópteros, cuatro dípteros y dos himenópteros. Y para finalizar, en la temporada de verano se observó un total de 18 especies, de las cuales ocho pertenecen a los coleópteros, siete a los dípteros, una especie de hemíptero y dos de himenópteros. La

Carrillo-Lara, D.E., J. Escoto-Rocha y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Diversidad de entomofauna necrófaga en el municipio de Guadalupe. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 211-214.

Cuadro 1. Etapas de descomposición del cadáver donde se recolectaron los insectos.

Etapa de descomposición	Características	Insectos comunes
Fresco (1-2 días, figura 1a)	Cuando el cuerpo comienza a enfriarse, empieza la descomposición. Se observa rigidez cadavérica (<i>rigor mortis</i>) y la lividez postmortem (<i>livor mortis</i>)	Huevos de moscardones y primer estado larval Primer estado larval de moscas de la carne Escarabajos enterradores adultos
Hinchado (2-3 días, figura 1b)	Decoloración de la superficie de la piel y cuerpo inflado por efecto de la producción de gases. Fluidos corporales salen por los orificios. Comienza la actividad de microbios e insectos	Huevos de moscardones, más los primeros tres estados larvales Primeros tres estados larvales de moscas de la carne Adultos y larvas de escarabajos enterradores Adultos y larvas de escarabajos payaso (<i>Histeridae</i>)
Putrefacción (7-12 días, figura 1c)	Pérdida progresiva de la piel y del tejido suave. Cuerpo desinflándose por el escape de gases. La actividad de insectos y microbios se vuelve lenta, una vez que los tejidos han sido removidos y el cuerpo comienza a secarse	No hay presencia de huevos de moscardones Segundo y tercer estado larval de moscardones Segundo y tercer estado larval de moscas de la carne Larvas de moscardones y moscas de la carne dejan el cadáver para pasar a estado de pupa Adultos y larvas de escarabajos (<i>Histeridae</i>) Larvas de moscas jorobadas (<i>Phoridae</i>) Larvas de moscas saltadoras (<i>Piophilidae</i>)
Restos putrefactos secos o momificación (más de 13 días, figura 1d)	Pérdida total de tejido suave. Proceso de descomposición lento. Pérdida progresiva de glándulas del útero y próstata, tendones, cartílago, uñas y cabello. El esqueleto se desarticula por acción de procesos ambientales	No hay presencia de larvas de moscardones Adultos y larvas de escarabajos derméstidos (<i>Dermestidae</i>)

Fuente: elaboración con base en Gunn 2009.

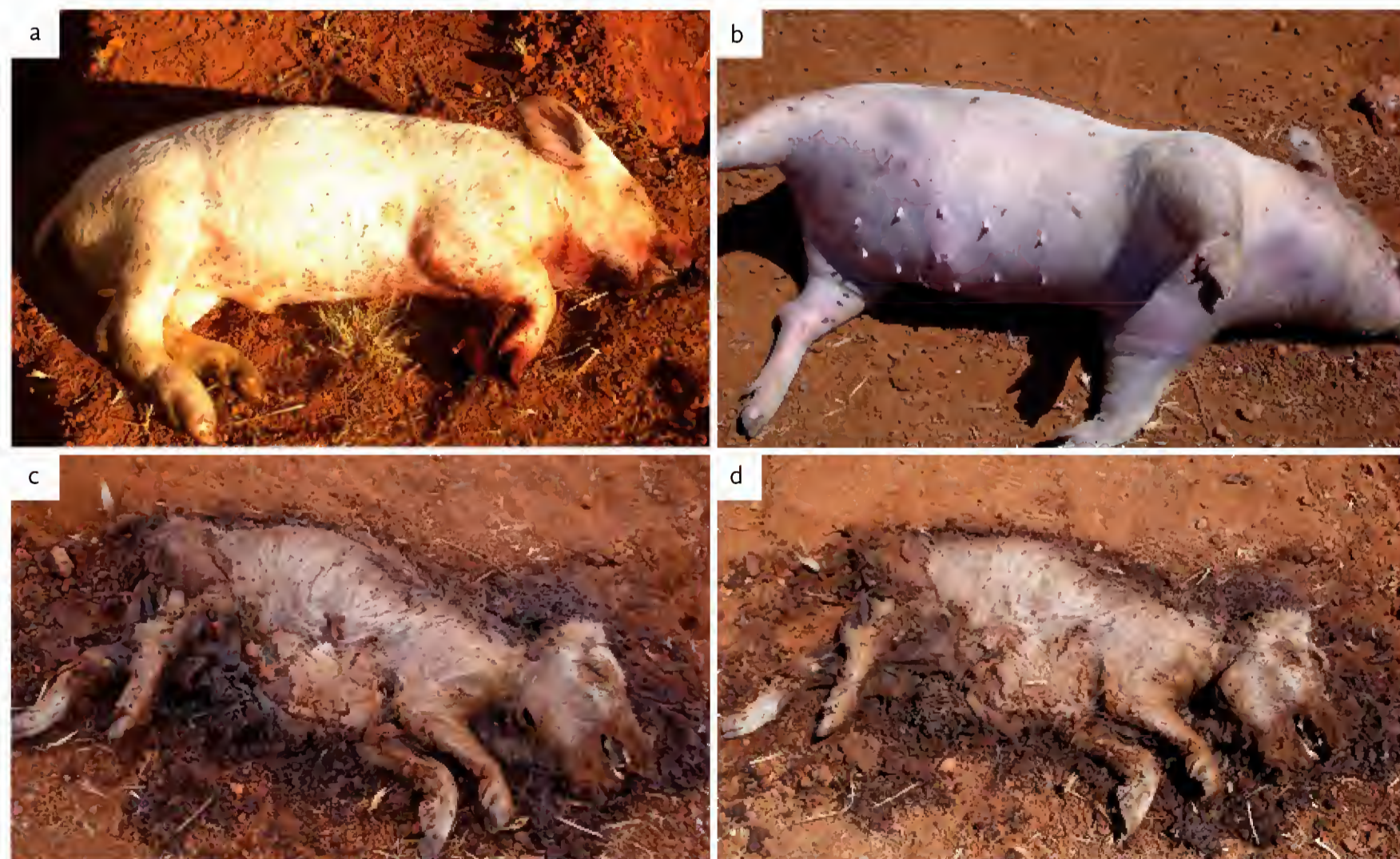


Figura 1. Etapas de descomposición del cadáver donde se recolectaron los insectos. Fotos: Diana E. Carrillo Lara.

Cuadro 2. Órdenes, familias y especies de insectos (clase Hexapoda) encontrados a lo largo del proceso de descomposición del cerdo doméstico (*Sus scrofa*) durante cuatro periodos del año en Guadalupe.

Orden	Familia	Especie	Ot	In	Pr	Ve
Coleoptera	Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	•	•	•	•
	Dermestidae	<i>Dermestes lardarius</i>	•	•		•
		<i>D. maculatus</i>	•	•	•	•
	Histeridae	<i>Hister sp.</i>	•	•	•	•
		<i>Saprinus assimilis</i>	•	•	•	•
	Silphidae	<i>Thanatophilus truncatus</i>	•			•
	Staphylinidae	<i>Creophilus maxillosus</i>	•	•		•
		<i>Platydracus tomentosus</i>	•	•		•
Tenebrionidae	ND	•				
Diptera	Asilidae	ND		•		
	Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i>	•			
		<i>Chrysomya rufifacies</i>	•	•	•	•
		<i>Cochliomya macellaria</i>	•	•	•	•
		<i>Cynomya cadaverina</i>	•	•		
		<i>Lucilia eximia</i>				•
		<i>L. sericata</i>	•	•		
	Drosophilidae	<i>Phaenicia cuprina</i>	•	•		
		<i>Drosophila melanogaster</i>	•			
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	•	•	•	•
<i>Synthesiomyia nudiseta</i>		•			•	
Piophilidae	<i>Piophilidae casei</i>	•	•		•	
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	•	•	•	•	
Hemiptera	Nabidae	ND	•	•	•	
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pogonomirmex barbatus</i>	•	•	•	•
		<i>Solenopsis sp.</i>			•	•

Ot: otoño; In: invierno; Pr: primavera; Ve: verano; ND: no determinada.

Fuente: elaboración propia.

sucesión de familias de insectos durante cada una de las temporadas se muestra en la figura 2.

A partir de los insectos que participan en el proceso de descomposición se puede obtener evidencia que ayude a estimar el tiempo que un organismo tiene de fallecido. Por ejemplo, mientras que una mosca tarda pocos minutos en arribar a un cadáver, los escarabajos son casi siempre los últimos en llegar, y conociendo el tiempo en que

cada tipo de insecto llega al cuerpo en determinado lugar se pueden establecer patrones temporales. Es por eso que el conocimiento de la diversidad y la correcta identificación de las especies que se involucran en este proceso tienen un fuerte peso en el área legal. Pese a que este estudio es el primero en su tipo para el estado, se pretende que sea una herramienta para las personas que se desempeñan como investigadores en esta área.

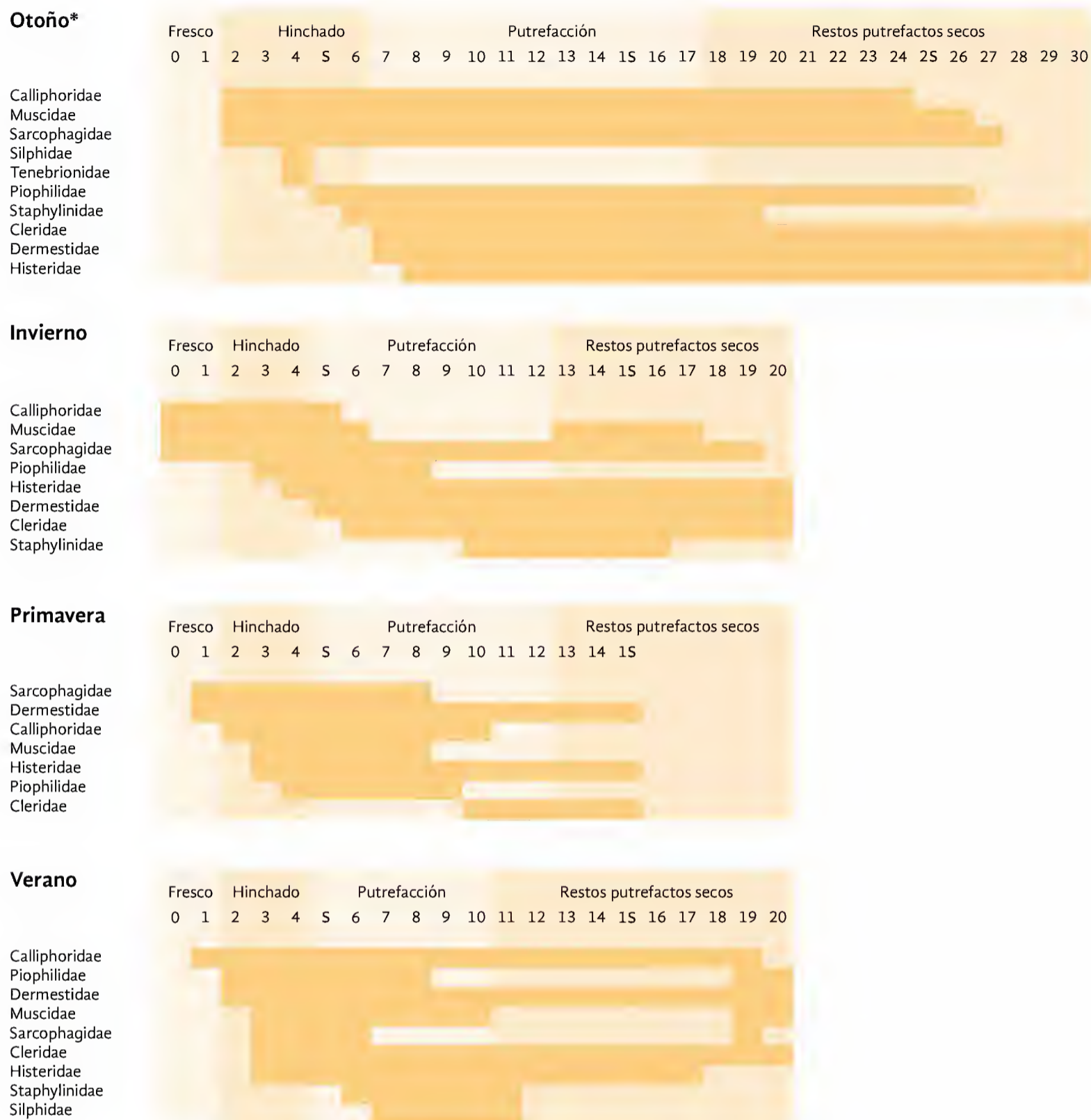


Figura 2. Orden de aparición de las familias de insectos necrófagos por día de colecta y durante todas las temporadas. * La temporada de otoño fue más larga, debido a que el proceso de descomposición tomó más tiempo. Fuente: elaboración propia.

Referencias

Byrd, J.H. y J.M. Castner. 2010. Forensic entomology. *The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press, EUA.

De la Barrera-Escamilla, D. 1999. Insectos degradadores importantes para el establecimiento del tiempo de muerte en vertebrados. En: *Memorias del xxxiv Congreso Nacional de Entomología*. México.

Escoto-Rocha, J. 2008. *Curso-taller entomología forense*. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.

Gaviño de la Torre, G., J.C. Juárez López y H.H. Figueroa Tapia. 2000. Insectos. En: *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. Editorial Limusa, México, pp. 181-196.

Gunn, A. 2009. *Essential forensic biology*. John Wiley & Sons, EUA.

SAGAR. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1995. *Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995*. Publicada el 7 de julio de 1995 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 16 de julio de 1997.

Arañas

César Raziel Lucio Palacio

Las arañas pertenecen al orden Araneae, que se ubica dentro de la Clase Arachnida, al igual que los alacranes, opiliones, solífugos y otros grupos poco conocidos (Moore 2006). Son invertebrados predominantemente depredadores que viven en prácticamente todos los hábitats terrestres. Al igual que los insectos y los crustáceos, entre otros organismos, los arácnidos tienen una cubierta externa o exoesqueleto compuesto principalmente de quitina. Además, presentan sus extremidades formadas por varios segmentos con articulaciones claras, de donde viene la denominación de “artrópodos”. Mientras que los insectos tienen tres pares de patas, un par de antenas, partes bucales complejas y usualmente alas, los arácnidos carecen de todo ello (Moore 2006). Los arácnidos tienen seis pares de extremidades conformadas por un par de quelíceros, un par de pedipalpos y cuatro pares de patas. Particularmente en las arañas, los quelíceros son los apéndices usados para la captura de presas y para la inoculación de veneno; los pedipalpos suelen tener función sensorial y, particularmente en los machos, para la reproducción. El resto de las extremidades son ambulatorias, es decir, para desplazarse, aunque también son importantes para la captura y el sometimiento de las presas (Foelix 2010).

Algo más que caracteriza a las arañas es su capacidad de emitir seda. Otros artrópodos también utilizan la seda en algún momento de su ciclo de vida (como las larvas de lepidópteros y los embiópteros), pero las arañas pueden secretar diferentes tipos de seda, llegando incluso a construir elaboradas telas con patrones complejos. De esta forma, la seda de las arañas está involucrada en: a) la dispersión de crías y de adultos, b) la construcción de guaridas, c) la confección del ovisaco, que es una especie de capullo donde la hembra deposita

los huevecillos y d) la captura de presas, con un sinnúmero de variantes (Foelix 2010).

Diversidad

En México se reportan 2 506 especies de arañas (Jiménez 1996), lo que representa cerca de 6% de las 42 473 especies conocidas en todo el mundo (Platnick 2011). Para Zacatecas, Jiménez (1996) reportó 29 especies; sin embargo, en el presente escrito se reportan 36 especies (35 identificadas) distribuidas en 13 familias, lo que corresponde solamente a 1.4% nacional (apéndice 14). De esta forma, Zacatecas es uno de los estados con menor número de especies de arañas registradas, solo por encima de Aguascalientes, Tlaxcala, Quintana Roo y Querétaro (Jiménez 1996).

Es importante mencionar que los reportes de arañas para el estado han sido realizados principalmente a partir de la década de los cincuenta, mediante revisiones de grupos particulares y con base en material recolectado esporádicamente durante expediciones científicas estadounidenses al norte de México. Destacan la serie de trabajos de Herbert W. Levi del Museo de Zoología Comparada de Harvard concernientes a las familias Araneidae y Theridiidae (Levi 1957a, b, 1999) y los trabajos de Platnick y colaboradores del Museo Americano de Historia Natural, respecto de las arañas del suelo, principalmente de la familia Gnaphosidae (Platnick y Shadab 1975a, b, 1976, 1977, 1981, 1982, 1983, 1988, Platnick y Ubick 2007). Lamentablemente, solo un trabajo contemporáneo que contempla material de Zacatecas cuenta con la participación de un científico mexicano para la descripción de una nueva especie de araña escupidora (género *Scytodes*; Rheims *et al.* 2006). Destaca la ausencia de registros de grupos comunes en la entidad, como las tarántulas

Lucio-Palacio, C.R. 2020. Arañas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 215-218.

(familia Theraphosidae; Locht 2008), lo que indica la urgencia de estudios adecuados que abarquen áreas geográficas de relevancia ecológica.

Endemismos

Hasta el momento se conoce solo una especie de araña endémica del estado: *Plectreurys zacateca*, recolectada en 1954 a 16 km al este de la ciudad de Zacatecas por el célebre aracnólogo W. J. Gertsch (1958), sin que existan datos adicionales ni fotografías de ejemplares. Sin embargo, cabe esperar que conforme se realicen estudios faunísticos a profundidad se encuentren especies nuevas para la ciencia o de distribución restringida en la entidad. Como apoyo a este argumento basta mencionar que en este estado existe una región donde concurren tres provincias biogeográficas, a la que se denomina “nodo panbiogeográfico”, ubicado en la confluencia occidental de Jalisco y Zacatecas; este y otros nodos tienen una historia biológica y geológica antigua y compleja, lo que es relevante para los procesos ecológicos y de evolución biológica, y que se traduce en un alto grado de endemismos restringidos (Morrone y Márquez 2008).

Importancia

Las arañas se cuentan entre los artrópodos depredadores más importantes de los ecosistemas terrestres; este papel destaca especialmente en algunas áreas desérticas y en agroecosistemas. Por ejemplo, en otras partes del mundo se han llegado a registrar densidades de hasta mil individuos por metro cuadrado en pastizales (Duffey 1962), lo cual implica una presión importante contra insectos fitófagos que podrían originar plagas (Nyffeler y Sunderland 2003). En los agroecosistemas de zonas áridas se desconocen todavía muchos de los detalles de los procesos ecológicos en los que están involucradas las arañas, aunque se reconoce que este tipo de hábitats pueden ser óptimos para ellas por la abundancia de recursos (refugio, agua y presas; Gavish-Regev *et al.* 2008). Así, los cultivos de zonas áridas pueden beneficiarse de la acción depredadora de las arañas, o incluso

pueden generarse alternativas productivas locales que incluyan estrategias de manejo integrado de plagas, en donde las arañas desempeñen un papel trascendente.

Las arañas cobran importancia también porque pueden morder a las personas y causarles la muerte con su ponzoña. Sin embargo, del total de especies presentes en México, solo dos géneros son considerados de alto riesgo para la salud humana: *Latrodectus* (Levi 1959) y *Loxosceles*. Aunque en Zacatecas se encuentran dos especies de importancia médica: la araña capulina o viuda negra (*Latrodectus mactans*, observación personal) y la araña violinista (*Loxosceles apachea*, figura 1; Gertsch y Ennik 1983), el número de registros de intoxicación por mordedura de araña es marginal, pues ni siquiera se contempla en el anuario de morbilidad de 2009 del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE 2011). En contraste, el número de picaduras de alacrán en el estado es considerablemente mayor, con 3 738 solamente durante 2009 (CENAVECE 2011).

Estado de conservación y amenazas

Es difícil concluir sobre el estado de conservación de las arañas, pues hasta el momento los datos faunísticos son escasos y dispersos en el estado. Se espera que nuevas investigaciones permitan tener un diagnóstico más completo.

Entre las principales amenazas están la pérdida de ecosistemas naturales y el uso de productos químicos en cultivos. No se cuenta con datos para el estado, pero cabe suponer que la agricultura y la ganadería extensivas y apoyadas con el uso de agroquímicos pueden afectar negativamente a las comunidades de arañas y su papel natural como controladores de plagas (Downie *et al.* 1999).

Conclusiones y recomendaciones

Aunque el estado del conocimiento de la araneofauna en Zacatecas es todavía incipiente, es posible utilizar a las arañas como grupos focales para la conservación. Entre las características deseables



Figura 1. Araña violinista *Loxosceles apache*. Foto: Instituto Cólctl.

para tal propósito se encuentran: a) la facilidad de recolectar organismos por medios rápidos y económicos, a diferencia de la mayoría de los vertebrados; b) son organismos usualmente abundantes, siempre depredadores de insectos; c) son sensibles a cambios ambientales, lo que es fácilmente evaluable al existir cambios abruptos en la abundancia y riqueza de especies y d) son un grupo notorio, difícilmente confundible con otros animales (New 1999).

Además, el potencial de existencia de especies endémicas o de distribución restringida permite pensar en la posterior incorporación de estas a diferentes categorías de protección. Ya que la existencia de especies endémicas o protegidas es un criterio de suma utilidad al momento de planificar sistemáticamente un esfuerzo de conservación (Margules y Sarkar 2009), las arañas pueden

fundamentar diversas estrategias de conservación bien programadas.

Parte de tales estrategias concierne a la educación y la promoción ambiental, con las que es importante ofrecer a la población aspectos reales del papel de las arañas en los ecosistemas y que, como las estadísticas demuestran, no suelen representar un riesgo para la salud. En el caso de las especies que sí constituyen un riesgo, es necesario orientar adecuadamente a los profesionistas de las ciencias de la salud.

Para finalizar, es oportuno mencionar que todas estas iniciativas de conocimiento y conservación serán factibles en la medida en que se fomente la investigación y la formación de profesionistas que puedan emplearse y generar conocimiento y alternativas de convivencia y producción entre las arañas y el ser humano.

Referencias

CENAVECE. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades 2011. *Anuario ejecutivo de morbilidad*. En: <<http://www.dgepi.salud.gob.mx/anuarioejecutivo2009/morbilidad2009poblaciongeneral/morbilidad2009poblaciongeneral.html>>, última consulta: junio de 2014.

Downie, I.S., W.L. Wilson, V.J. Abernethy *et al.* 1999. The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider diversity in Scotland. *Journal of Insect Conservation* 3:273-286.

Duffey, E. 1962. A population study of spiders in limestone grassland. *Journal of Animal Ecology* 31:571-599.

- Foelix, R. 2010. *Biology of spiders*. Oxford University Press, Nueva York.
- Gavish-Regev, E., Y. Lubin y M. Coll. 2008. Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem. *Ecological Entomology* 33:202-212.
- Gertsch, W.J. 1958. The spider family Plectreuridae. *American Museum Novitates* 1920:1-53.
- Gertsch, W. y F. Ennik. 1983. The spider genus *Loxosceles* in North America, Central America and the West Indies (Araneae, Loxoscelidae). *Bulletin of American Museum of Natural History* 175:264-360.
- Jiménez, M.L. 1996. Araneae. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). CONABIO/UNAM, México, pp. 83-101.
- Levi, H.W. 1957a. The spider genera *Crustulina* and *Steatoda* in North America, Central America and the West Indies (Araneae:Theridiidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 117:367-424.
- . 1957b. The spider genera *Enoplognatha*, *Theridion* and *Paidisca* in America north of Mexico (Araneae, Theridiidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 112:1-124.
- . 1959. The spider genus *Latrodectus* (Araneae, Theridiidae). *Transactions of the American Microscopical Society* 78:7-43.
- . 1999. The neotropical and mexican orb weavers of the genera *Cyclosa* and *Allocyclosa* (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the American Museum of Comparative Zoology* 155:299-379.
- Locht, M.A. 2008. *Estudio sobre la sistemática y distribución de la familia Theraphosidae (Aracnida, Aranae) en México*. Tesis de maestría en ciencias. UNAM, México.
- Margules, C.R. y S. Sarkar. 2009. *Planeación sistemática de la conservación*. UNAM/CONABIO, México.
- Moore, J. 2006. *An introduction to Invertebrates*. Cambridge University Press, Nueva York.
- Morrone, J.J. y J. Márquez. 2008. Biodiversity of mexican terrestrial arthropods (Arachnida and Hexapoda): a biogeographical puzzle. *Acta Zoológica Mexicana* 24:15-41.
- New, T.R. 1999. Untangling the web: spiders and the challenges of invertebrate conservation. *Journal of Insect Conservation* 3:251-256.
- Nyffeler, M. y K.D. Sunderland. 2003. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of european and us studies. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95:579-612.
- Platnick, N.I. 2011. *The world spider catalog*. En: <<http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/>>, última consulta: junio de 2014.
- Platnick, N.I. y D. Ubick. 2007. A revision of the spider genus *Zorocrates* Simon (Araneae, Zorocratidae). *American Museum Novitates* 3579:1-44.
- Platnick, N.I. y M.U. Shadab. 1975a. A revision of the spider genera *Haplodrassus* and *Orodorassus* (Araneae, Gnaphosidae) in North America. *American Museum Novitates* 2583:1-40.
- . 1975b. A revision of the spider genus *Gnaphosa* in America (Araneae, Gnaphosidae). *Bulletin of the Museum of Natural History* 155:1-66.
- . 1976. A revision of the spider genera *Drassodes* and *Tivodrassus* (Araneae, Gnaphosidae) in North America. *American Museum Novitates* 2593:1-29.
- . 1977. A revision of the spider genera *Herpyllus* and *Scotophaeus* (Araneae, Gnaphosidae) in North America. *Bulletin of the Museum of Natural History* 159:1-44.
- . 1981. A revision of the spider genus *Sergiolus* (Araneae, Gnaphosidae). *American Museum Novitates* 2717:1-41.
- . 1982. A revision of the genus *Drasyllus* (Araneae, Gnaphosidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 173:1-97.
- . 1983. A revision of the american spiders of the genus *Zelotes* (Araneae, Gnaphosidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 174:1-272.
- . 1988. A revision of the american spiders of the genus *Micaria* (Araneae, Gnaphosidae). *American Museum Novitates* 2916:1-54.
- Rheims, C.A., A.D. Brescovit y C.G. Durán-Barrón. 2006. Mexican species of the genus *Scytodes* Latreille (Araneae, Scytodidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 13:93-11.

Peces

Carmen del Rocío Pedraza Marrón • Omar Domínguez Domínguez

Los peces son animales vertebrados de sangre fría, que poseen branquias y aletas como extremidades en caso de presentarlas (Lagler *et al.* 1990, Nelson 2006); forman un grupo ubicuo y cosmopolita, es decir, que se encuentran prácticamente en cualquier lugar donde haya agua, ya sea dulce, salada o salobre. Se han adaptado a la vida en los abruptos ríos de alta montaña, los caudalosos ríos de las selvas tropicales, las profundidades marinas o lacustres, las congeladas aguas cercanas a los polos, los someros pantanos, los productivos manglares, los oasis del desierto y hasta aguas subterráneas. Debido a esta capacidad de adaptarse a una amplia gama de ecosistemas existen en una gran variedad de formas y tamaños: los hay con forma de torpedo, redondos, cilíndricos, planos o angulares, que pueden llegar a medir tan solo unos milímetros (como es el caso de algunas especies del género *Eviota*) o pueden alcanzar tallas de más de 13 m (como en el caso del tiburón ballena *Rhincodon typus*; Lachner y Karnella 1980, Lagler *et al.* 1990). En consecuencia, los peces son el grupo más diverso entre los vertebrados con más de 31 mil especies descritas, de las cuales 15 170 son especies de aguas interiores (Eschmeyer *et al.* 2012).

Diversidad

Debido al relieve accidentado que posee, resultado de una compleja historia geológica, México presenta una amplia variedad de ecosistemas acuáticos y heterogeneidad de hábitats que albergan una elevada riqueza de especies de peces de agua dulce, tanto de origen neártico como neotropical (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León 2009), con aproximadamente 500 especies descritas, distribuidas en 47 familias, en donde 384 especies son estrictamente dulceacuícolas y 163

son endémicas de alguna región del territorio (Espinoza-Pérez *et al.* 1993, Miller *et al.* 2005, De la Vega-Salazar 2006).

Situación en el estado

Zacatecas se encuentra enclavado en la zona árida-semiárida del país, carente de costa y con escasez de recursos acuáticos (véase “La situación de los recursos hídricos” en esta misma obra), por lo que no es especialmente diverso en lo que se refiere a peces dulceacuícolas. De las 200 especies que albergan las zonas áridas y semiáridas del país (Contreras-Balderas y Lozano 1994), en la entidad habitan un total de 22 especies nativas (figura 1), lo que representa 11% de esta diversidad y 4.4% del total de las 500 especies reportadas por Miller *et al.* (2005) para México.

Aunque no cuenta con especies endémicas dentro de sus límites políticos, sí hay en las cuencas que lo drenan, en especial aquellas que habitan las aguas del río Aguanaval. Residen especies nativas pertenecientes a 10 familias, en donde la familia Cyprinidae figura como la más diversa con nueve especies (apéndice 15). Sin embargo, mediante caracteres moleculares, estudios recientes han mostrado que esta diversidad es más elevada y que existen especies que esperan una descripción formal para la ciencia (véase “Nuevos linajes de peces” en esta misma obra). En cuanto a las especies exóticas se tienen reportadas 17 especies, de ellas, 10 habitan otras regiones de México, mientras que las siete restantes son nativas de Estados Unidos, Asia y África (apéndice 16). Algunas de estas han sido introducidas en presas y lagos del estado con el fin de establecer pesquerías, como las carpas (*Cyprinus carpio*), tilapias (*Oreochromis spp.*), peces sol (*Lepomis spp.*) y

Pedraza-Marrón, C. del R. y O. Domínguez-Domínguez. 2020. Peces. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 219-224.

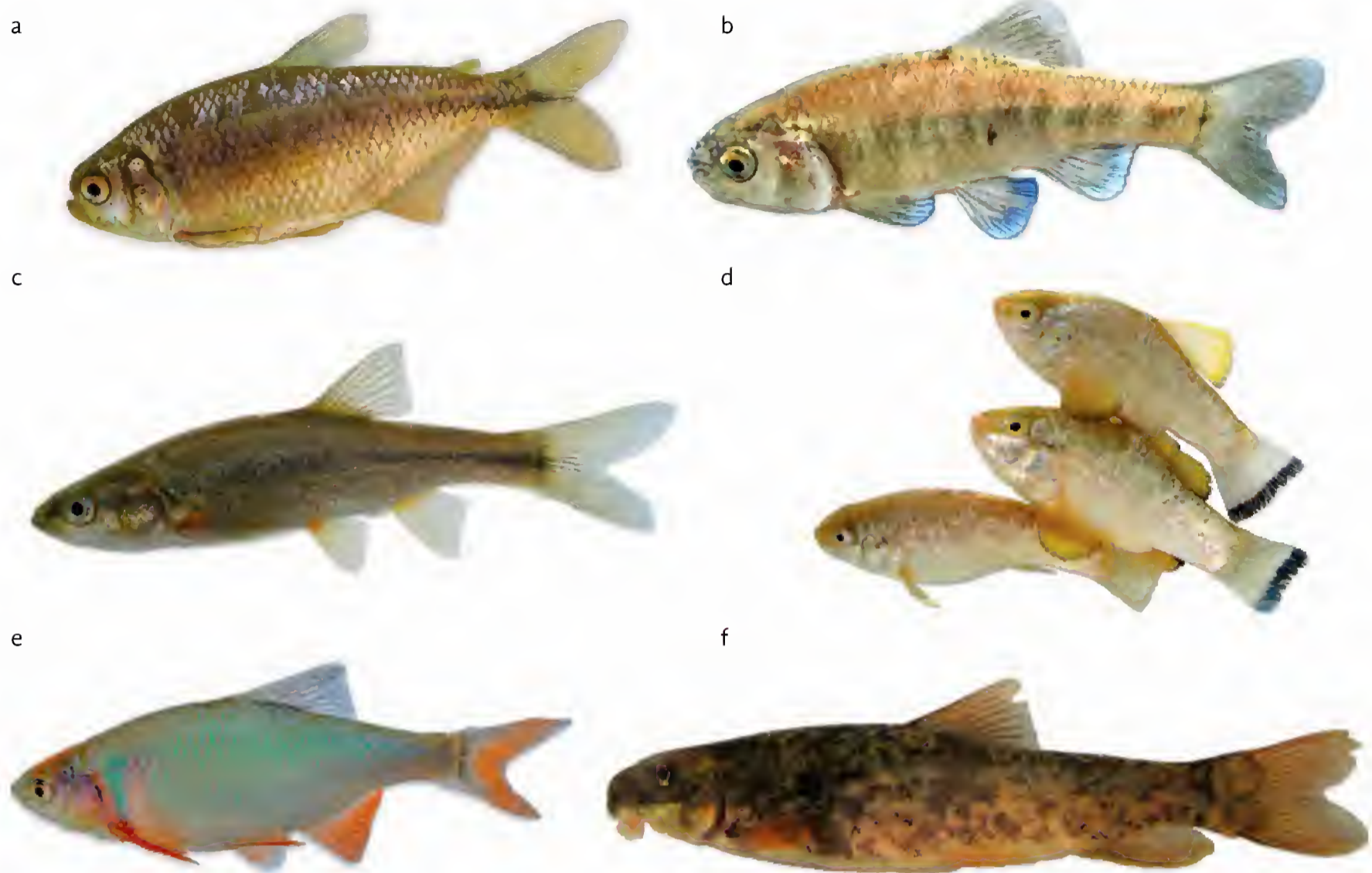


Figura 1. Algunas especies de peces nativos: a) *Astianax mexicanus*; b) *Codoma ornata*; c) *Gila conspersa*; d) *Cyprinodon nazas*; e) *Cyprinella garmani*; y f) *Catostomus plebeius*. Fotos: Omar Domínguez-Domínguez y Rodolfo Pérez-Rodríguez.

bagres de canal (*Ictalurus punctatus*); unas más para la pesca deportiva, tal es el caso de la lobina (*Micropterus salmoides*); otras como carnada para pesca deportiva y forraje de otras especies de peces, como algunos pecílidos y ciprínidos; y algunas más como medio de control de mosquitos, como es el caso de algunos pecílidos.

Distribución

El estado es una región árida-semiárida debido en gran parte a la baja precipitación pluvial anual (463 mm en promedio; INEGI 2011). Durante la temporada de lluvias, los ríos pluviales de las zonas áridas escurren en forma caudalosa para luego decrecer o secarse por completo en la temporada de secas (De la Vega-Salazar 2003). Además de esta disparidad en la cantidad de agua disponible a lo largo del año, los cuerpos de agua en Zacatecas se encuentran distribuidos de una manera heterogénea.

El estado drena sus aguas hacia ambas vertientes:

- Al océano Pacífico por medio de los tributarios de las cuencas Grande de Santiago, en la parte sur del estado, y San Pedro-Mezquital en la región centro-oeste. Para el río Santiago, los principales tributarios son la parte alta de los ríos Juchipila, Jerez y Tlaltelnango, incluyendo a las presas Miguel Alemán, El Chique, Julián Adame y Achoquen. En estos tributarios se encuentran especies nativas de las familias Catostomidae, Cichlidae, Cyprinidae, Goodeidae, Ictaluridae y Poeciliidae (apéndice 15). Para el río San Pedro-Mezquital los principales tributarios son: arroyo Hondo, los ríos Suchil, Las Varas, Zaragoza y Chalchihuites, donde se ubica la presa Los Coroneles, que contiene miembros de la familia Catostomidae, Cyprinidae e Ictaluridae (apéndice 15). En la región centro-oeste y noreste del estado se encuentra la cuenca endorreica del río Aguanaval –que desemboca o desembocaba en

la laguna del Mayran, en el estado de Coahuila—, en la cual destacan los ríos San Francisco, Ramos y del Oro, y las presas El Cazadero, Leonardo Reynoso y Santa Rosa. Esta cuenca es por mucho la que alberga la mayor diversidad de especies nativas (12) de las familias Catostomidae, Characidae, Cyprinidae, Cyprinodontidae, Ictaluridae, Goodeidae y Percidae (apéndice 15).

- Hacia la vertiente del Atlántico, al este de la entidad, se encuentran tributarios de la cuenca del río Pánuco, la mayoría de ellos intermitentes con escorrentías solo en la época de lluvia. Destacan algunas presas, como el Tecolote, y arroyos, como El Salto y La Soledad, donde habitan representantes de las familias Cyprinidae y Goodeidae (apéndice 15). En la región más árida del estado se encuentran dispersas algunas cuencas endorreicas poco exploradas ictiológicamente, lo que podría incrementar el recuento de especies para el estado, como los lagos San Juan de los Ahorcados y Sartenejo, las lagunas El Salado, El Salitre, El Rosario, Lorenzo, San Marcos, El Salitral, El Tule, Los Abrojos, La Mesilla, El Sapo, Santa Clara, Santa Ana, Coyote, Campana y Belén.

Importancia

Desde tiempos pasados, los peces dulceacuícolas han figurado como una fuente primordial de alimento para las poblaciones humanas. Sin embargo, en el estado no se encuentran importantes pesquerías de especies nativas, con excepción del bagre nativo (*Ictalurus aff. dugesii*) y el charal (*Chirostoma jordani*). Las principales pesquerías provienen de especies introducidas, como la carpa (*Cyprinus carpio*), la lobina (*Micropterus salmoides*), la mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*), la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), la tilapia (*Oreochromis spp.*) y el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), las cuales a su vez representan un problema ambiental y un factor de riesgo para las especies nativas. Por su uso pesquero comercial destacan en importancia las presas Valentín Gómez Farías (Chicomostoc), El Chique, Julián Adame y Leobardo Reynoso, en las que se

usan redes agalleras, atarraya, línea de anzuelos y trampas tipo nasa (INAPESCA 2016). El bagre y la lobina son importantes para la pesca deportiva en las aguas interiores de las presas de Boca del Río Chico, El Cazadero, Julián Adame, La Cuadrilla, La Ticuata, Mesillas, Miguel Alemán, Santa Teresa y el lago de la Encantada (CONAPESCA 2011).

Además de la importancia económica, los peces dulceacuícolas pueden actuar como bioindicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que cubren varios eslabones de la red trófica, acumulan sustancias tóxicas, pueden habitar sistemas acuáticos con cierto grado de contaminación y reaccionan ante bajas concentraciones de agentes mutagénicos (Velázquez-Velázquez y Vega-Cendejas 2004, Torres-Bugarín *et al.* 2007); además de que la conservación de sus poblaciones llevaría el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos en los que habitan.

Estado de conservación y amenazas

A pesar de que México alberga una elevada diversidad, los peces de agua dulce se encuentran en riesgo por los efectos negativos que tienen las actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos. Entre las principales causas que sitúan a estas especies en peligro están la alteración o modificación del hábitat, la explotación irracional de los recursos ligados al agua, la contaminación por sustancias de desecho industrial, agrícola o de uso humano, y la introducción de especies exóticas o la traslocación de especies nativas más allá de su rango de distribución natural.

En Zacatecas están representadas las regiones hidrológicas administrativas (RH) Cuencas Centrales del Norte en la parte norte del estado, y Lerma-Santiago Pacífico; ambas son de las más sobreexplotadas del país. Los ríos Aguanaval y Juchipila (cuenca del Santiago) figuran como sitios de monitoreo de la calidad del agua con una clasificación de fuertemente contaminado (CONAGUA 2011). Aunado a lo anterior se suma la baja disponibilidad de agua histórica, una fuerte presión sobre los recursos hídricos (CONAGUA 2011; véase

“La situación de los recursos hídricos” en esta misma obra) y el cambio climático, que agrava más el problema de aridez, lo que, conjugado con la sobreexplotación de los recursos acuáticos, incluyendo los acuíferos, conlleva a la desecación de cuerpos de agua y de manantiales, con la consecuente desaparición de las poblaciones de peces, poniéndolos en una situación de crisis.

Otro problema muy grave para las especies nativas es la introducción de especies exóticas (apéndice 16). Algunas de las especies que han sido ampliamente introducidas en el estado tienden a causar graves alteraciones en los ecosistemas acuáticos, perjudicando a las especies nativas, tal es el caso de la carpa (*Cyprinus carpio*), la cual, al filtrar su alimento desde el bentos (microorganismos que habitan en el fondo del ecosistema acuático), resuspende los sedimentos aumentando la turbidez en el sistema, lo que trae como consecuencia la modificación de la red trófica, pues se afecta el proceso de fotosíntesis de las plantas, las cuales a su vez proveen recursos espaciales y alimenticios a muchas especies de talla pequeña, por lo que, el aumento en la turbidez del sistema podría conllevar a la reducción de las comunidades de macrófitas y organismos asociados y bénticos, afectando indirectamente a la ictiofauna nativa (Tapia y Zambrano 2003). La falta de alimento podría ocasionar un aumento en la competencia entre las especies que ocupen nichos similares, ocasionando el desplazamiento de algunas especies y, por tanto, una disminución de la diversidad.

Por otra parte, hay especies, como las que pertenecen al género *Oreochromis*, que son omnívoras y compiten por el alimento con las especies nativas, además de que presentan un alto potencial adaptativo y tolerancia a diferentes condiciones físicoquímicas del ambiente (alta concentración de contaminantes y sólidos suspendidos, bajas concentraciones de oxígeno, amplio rango de temperatura, entre otros), lo que puede desplazar a las especies nativas en momentos de estrés ambiental (González *et al.* 2005). La lobina (*Micropterus salmoides*) es una especie piscívora que durante

su estadio juvenil compite por alimento con las especies nativas, pero al alcanzar su estado adulto se convierte en el principal depredador de los peces nativos (Mercado-Silva *et al.* 2009). El bagre de canal introducido (*Ictalurus punctatus*) ha hibridado con el bagre nativo, lo que lleva a la pérdida de diversidad e identidad genética del bagre nativo, con su subsecuente desaparición como especie. Además, debido a que estas especies presentan una mayor adaptabilidad y resistencia a los cambios ambientales, y a que su cultivo presenta un valor económico importante, en el futuro las especies exóticas podrían desplazar a las especies nativas de las aguas del estado.

Es evidente que existe un problema de conservación y protección de los peces que habitan los cuerpos de agua del estado; si bien no son un grupo carismático, el desconocimiento que existe en relación con la diversidad de la mayoría de las especies, podría estar enmascarando los datos en torno a la situación real que guarda su estado de conservación. Los datos oficiales contemplan siete de las 22 especies nativas como amenazadas y dos especies en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). Por otro lado, la UICN solamente considera cinco especies catalogadas como especies de preocupación menor, una como vulnerable y una en peligro de extinción, mientras que las demás no han sido evaluadas o presentan datos insuficientes para ser incluidas en alguna categoría (apéndice 15; UICN 2012).

Conclusiones y recomendaciones

Debido a las características de aridez del estado es necesario prestar especial atención a la conservación de los peces dulceacuícolas y su hábitat. La evaluación del estado de conservación de las especies aportará un panorama más realista sobre el grado de amenaza que enfrentan y permitirá tomar medidas para prevenir su desaparición, así como conservar los ecosistemas acuáticos. Dicha evaluación puede llevarse a cabo por diversos medios, ya sea mediante estudios enfocados en conocer la reducción del área de distribución histórica y su situación de riesgo, o por estudios que analicen la calidad ambiental del ecosistema en el

que habitan; por ejemplo índices de integridad biológica (IBI) e índices de calidad ambiental (ICA), o bien por estudios enfocados en la capacidad de resiliencia de las especies en cuestión.

Al momento de plantear acciones de conservación se deben de tomar en cuenta las características particulares de los sistemas hidrológicos que drenan el estado, la situación de aridez y el preocupante cambio climático, lo que debería redundar en políticas públicas de explotación de recursos hídricos en armonía con el medio ambiente, y no permitir la sobreexplotación de dichos recursos, tarea que se antoja difícil en un estado con escasez de agua, pero que, sin lugar a dudas, a largo plazo, repercutiría en la calidad de vida de los habitantes del estado.

Referencias

- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2011. *Estadísticas del agua en México*. En: <www.conagua.gob.mx>, última consulta: 15 de junio del 2012.
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. 2011. *Pesca deportiva Zacatecas*. En: <http://pescadeporativa.conapesca.gob.mx:82/wb/pesca/pd_sitio_pesca_zacatecas>, última consulta: 18 de junio de 2012.
- Contreras-Balderas, S. y M. Lozano. 1994. Water, endangered fishes, and development perspectives in arid lands of Mexico. *Conservation Biology* 8:379-387.
- De la Vega-Salazar, M.Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* 72:20-30.
- . 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la Mesa Central de México. *Revista de Biología Tropical* 54(1):163-177.
- Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez-Ponce de León. 2009. ¿La Mesa Central de México es una provincia biogeográfica? Análisis descriptivo basado en componentes bióticos dulceacuícolas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:835-852.
- Eschmeyer, W.N., R. Fricke, J.D. Fong y D.A. Polack. 2012. Marine fish diversity: history of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa* 2525:19-50.
- Espinosa-Pérez, H., M.T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. *Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología-UNAM, México.
- González, J., R. Ortiz, E. Solórzano *et al.* 2005. Distribución y caracterización de especies del grupo de tilapias (*Oreochromis* spp.) y petenia (*Caquetaia kraussii*) en ecosistemas naturales en la zona occidental de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 23(4):447-464.
- INAPESCA. Instituto Nacional de Pesca. 2016. *Carta nacional pesquera*. Publicada el 2 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 26 de julio de 2016.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011*. INEGI, México.
- Lachner, E.A. y S.J. Karnella, 1980. Fishes of the Indo-Pacific genus *Eviota* with descriptions of eight new species (Teleostei: Gobiidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 315:1-127.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R. May Passino. 1990. *Ictiología*. AGT Editor, México.
- Mercado-Silva, N., M.R. Helmus y M.J. Vander. 2009. The effects of impoundment and non-native species on a river food web in Mexico's central plateau. *River Research and Applications* 25:1090-1108.
- Miller, R.R., L. Minckley y S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press, Chicago.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, Nueva York.

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. Texto vigente.

Tapia, M. y L. Zambrano. 2003. From aquaculture goals to real social and ecological impacts: carp introduction in rural central México. *Ambio* 32:252-257.

Torres-Bugarín, O., J.L. Zavala-Aguirre, P. Gómez-Rubio *et al.* 2007. Especies de peces con potencial de bioindicadores

de genotoxicidad en el lago "La Alberca", Michoacán, México. *Hidrobiológica* 17(1):75-81.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2012. *The IUCN red list of threatened species. Versión 2010.4*. En: <www.iucnredlist.org>, última consulta: 8 de junio del 2012.

Velázquez-Velázquez, E. y M.E. Vega-Cendejas. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas* 57:12-15.

Nuevos linajes de peces

Diushi Keri Corona Santiago

Desde que se inició con la clasificación de los seres vivos, la taxonomía tradicional ha utilizado una gran variedad de caracteres taxonómicos, en su mayoría conspicuos. En los peces, por ejemplo, se utilizan la forma, tamaño y número de escamas, la posición de las aletas, el número de espinas y radios, entre muchos otros. Dichos caracteres han generado una visión amplia y general de la biodiversidad existente; sin embargo, muchas veces el traslape de los caracteres hace difícil una identificación precisa, o bien, estos caracteres no son capaces de discernir entre características compartidas de los organismos que no tienen una historia evolutiva común, de aquellas que son homólogas.

Por esta problemática, y gracias al avance biotecnológico, en los últimos años se han utilizado caracteres moleculares (p.e. proteínas, ácidos nucleicos) para el reconocimiento de linajes evolutivos independientes o incluso para identificar nuevas especies o especies crípticas (extremadamente similares en apariencia, pero que se encuentran reproductivamente aisladas entre sí). Dichos caracteres moleculares, utilizados en combinación con otra fuente de información (caracteres morfológicos, comportamiento, información ecológica, biogeográfica, entre otros), han surgido como una poderosa herramienta que ha venido a revolucionar la taxonomía, la sistemática y la forma de conocer e integrar la diversidad biológica (Domínguez-Domínguez y Vázquez-Domínguez 2009).

Zacatecas no es ajeno a estos descubrimientos, ya que al menos tres posibles nuevas especies de peces han sido descubiertas o corroboradas con base en marcadores moleculares. Estos nuevos linajes evolutivos representan poblaciones de especies reconocidas actualmente y miembros

de la familia Cyprinidae (*Codoma ornata*, *Dionda episcopa* y *Campostoma ornatum*; figura 1), pero que presentan niveles de diferenciación genética importantes con respecto al resto de poblaciones de estas especies. Esto significa que estas poblaciones son posiblemente nuevos linajes que no han sido descritos todavía y cuya distribución actual es resultado principalmente de la fuerte actividad tectovolcánica de los últimos 7 millones de años en la Sierra Madre Occidental (Ferrari *et al.* 2007).

El primer linaje identificado para el estado se distribuye en la cabecera del río Mezquital (figura 1; Schönhuth *et al.* 2008), el cual es uno de los siete que se consideraban parte de la distribución de la especie *Codoma ornata*, junto con los ríos Aguanaval, Piaxtla, Nazas, Fuerte, Yaqui y Conchos (figura 2; Miller *et al.* 2005). Se colectó en un arroyo del poblado de Gualterio, municipio de Chalchihuites (cuadro 1). El segundo nuevo linaje identificado con marcadores moleculares, también se colectó en la misma región que *Codoma ornata*. Se distribuye en la cabecera del río Mezquital, población anteriormente reconocida para la especie *Dionda episcopa*, cuyo rango de distribución también incluye los ríos Aguanaval, Nazas, Bravo (Conchos, Salado y San Juan) y centro-sureste de Estados Unidos (Schönhuth *et al.* 2012). El tercer grupo, que podría ser una nueva especie, se distribuye en los ríos Aguanaval en Zacatecas, y Piaxtla y Nazas, en Durango (Domínguez-Domínguez *et al.* 2011). Las poblaciones de este tercer nuevo linaje se consideraban parte del rango de distribución de la especie *Campostoma ornatum* (incuyendo los ríos Fuerte, Mayo, Yaqui, Sonora, Sistema Guzmán y Conchos); se colectó en el río de Medina, municipio de Saín Alto.

Corona-Santiago, D.K. 2020. Nuevos linajes de peces. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 225-228.

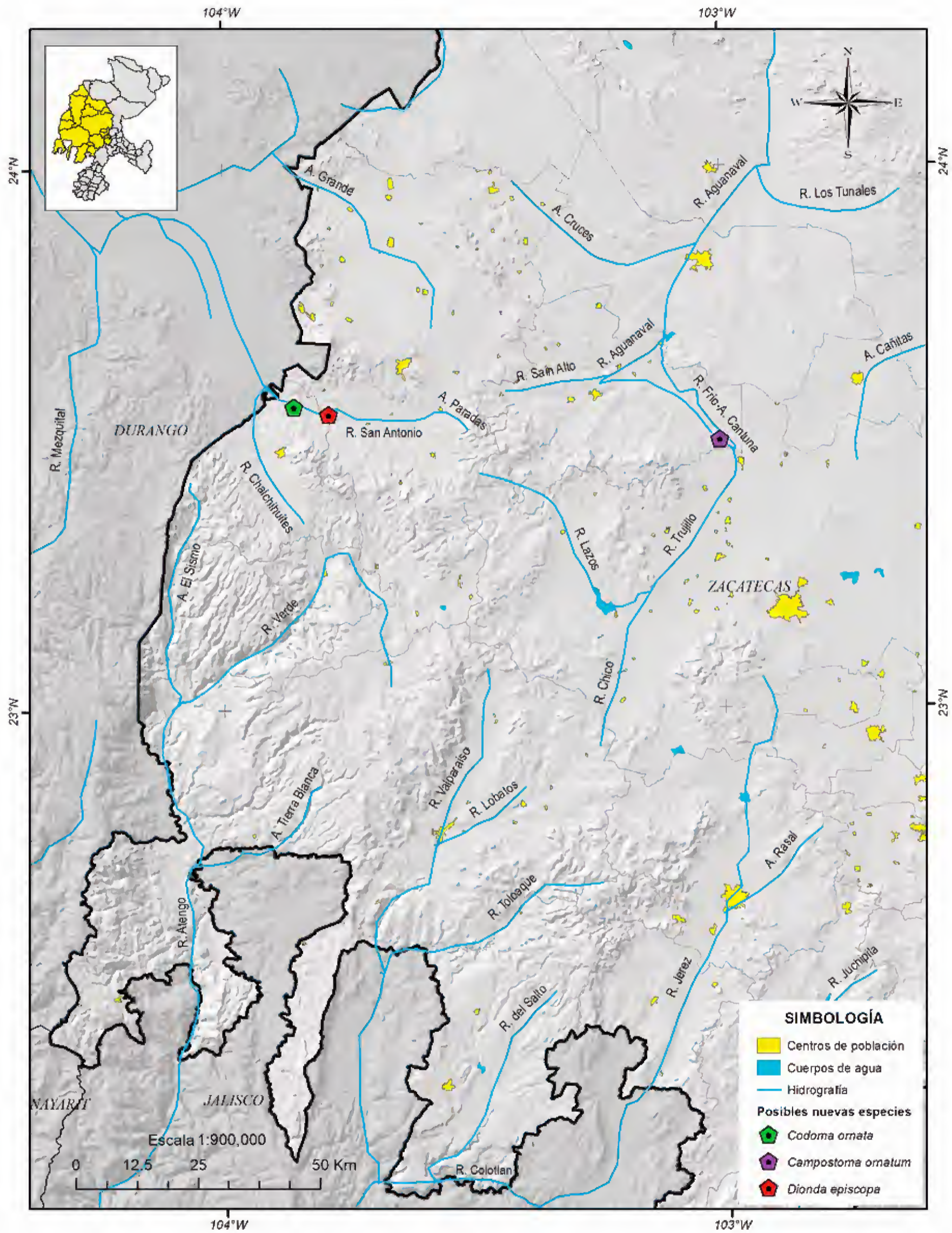


Figura 1. Ríos donde se encuentran distribuidas las posibles nuevas especies no descritas. Fuente: elaboración con base en Miller *et al.* 2005, Schönhuth *et al.* 2008.

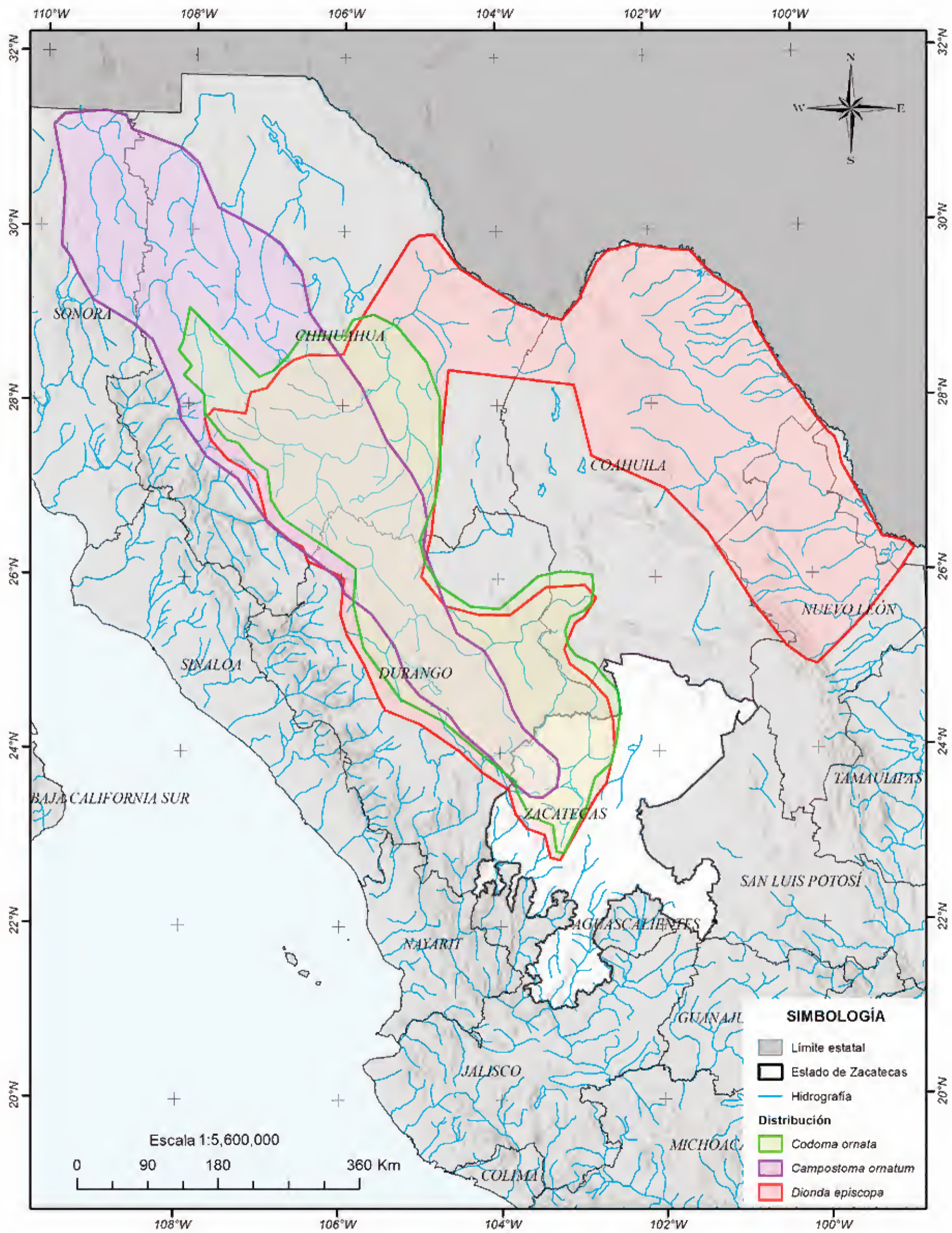


Figura 2. Rango de distribución de las posibles nuevas especies: *Codoma ornata*, *Campostoma ornatum* y *Dionda episcopa*. Fuente: elaboración con base en Miller *et al.* 2005, Schönhuth *et al.* 2008.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Cuadro 1. Posibles nuevas especies para el estado. Se muestra el nombre científico propuesto y los genes usados en el estudio correspondiente.

Orden	Familia	Nombre científico	Localidad de colecta	Gen utilizado
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Codoma ornata</i>	Arroyo en el poblado de Gualterio, cerca del balneario El Vergel (Chalchihuites)	Mitocondriales: <i>Cytb</i> Nucleares: <i>RhoD</i> , <i>Rag1</i> y <i>S7</i>
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Dionda episcopa</i>	Arroyo en el poblado de Gualterio, cerca del balneario El Vergel (Chalchihuites)	Mitocondriales: <i>Cytb</i> y <i>D-loop</i> Nucleares: <i>RhoD</i> , <i>Rag1</i> y <i>S7</i>
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Campostoma ornatum</i>	Río de Medina (Saín Alto)	Mitocondriales: <i>Cytb</i> Nucleares: <i>Rag1</i> y <i>S7</i>

Cytb: citocromo b; *D-loop*: región control; *RhoD*: GTPasa Rho D; *Rag1*: gen activador de recombinación 1; *S7*: proteína ribosomal S7 intrón I.

Fuente: elaboración con base en Mayden *et al.* 1992, Schönhuth *et al.* 2008, 2012, Domínguez-Domínguez *et al.* 2011.

Asimismo, las diferentes poblaciones del bagre nativo *Ictalurus aff. dugesii* distribuidas en tres cuencas del estado: río Aguanaval, cabecera del río Mezquital (río Tunal) y el río Grande de Santiago (ríos Verde, Valparaíso-Jerez y Juchipila), pueden estar conformando un complejo de especies, es decir, en lugar de ser un grupo que se había considerado una única especie, sus poblaciones se separaron antiguamente y en la actualidad pueden ser hasta tres linajes evolutivos distintos (Pedraza-Lara *et al.* 2014).

Estos datos moleculares están a la espera de ser contrastados con otro tipo de caracteres que lleven a la descripción formal de dichas especies, lo que ayudará a: 1) comprender mejor los eventos y procesos evolutivos que dieron origen a la biodiversidad de peces en el estado; 2) aumentar el número de especies e incluso la posibilidad de la existencia de especies endémicas en Zacatecas; y 3) aportar elementos científicos que apoyen políticas públicas para la conservación y manejo de la diversidad íctica a nivel local.

Referencias

- Domínguez-Domínguez, O. y E. Vázquez-Domínguez. 2009. Filogeografía: aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32(1):57-68.
- Domínguez-Domínguez, O., M. Vila, R. Pérez-Rodríguez *et al.* 2011. Complex evolutionary history of the mexican stoneroller *Campostoma ornatum* Girard, 1856 (Actinopterygii: Cyprinidae). *BMC Evolutionary Biology* 11:153.
- Ferrari, L., M. Valencia-Moreno y S. Bryan. 2007. Magmatism and tectonics of the Sierra Madre Occidental and its relation with the evolution of the western margin of North America. *Geological Society of America* 422:1-39.
- Mayden, R.L., R.H. Matson y D.M. Hillis. 1992. Speciation in the north american genus *Dionda* (Teleostei: Cypriniformes). En: *Systematics, historical ecology and North American freshwater fishes*. R.L. Mayden (ed.). Stanford University Press, California, pp. 710-746.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pedraza-Lara, C., C.P. Ornelas-García e I. Doadrio. 2014. Filogeografía y genética de poblaciones de *Ictalurus dugesii*. México (inédito).
- Schönhuth, S., I. Doadrio, O. Domínguez-Domínguez *et al.* 2008. Molecular evolution of southern north american Cyprinidae (Actinopterygii), with the description of the new genus *Tampichthys* from central Mexico. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 47:729-756.
- Schönhuth, S., D.M. Hilli, D.A. Neely *et al.* 2012. Phylogeny, diversity, and species delimitation of the north american round-nosed minnows (Teleostei: *Dionda*), as inferred from mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62:427-446.

Anfibios

José Jesús Sigala Rodríguez • Gustavo Ernesto Quintero Díaz
Iván Trinidad Ahumada Carrillo • Diana Estephanie Carrillo Lara

Los anfibios son un grupo antiguo de vertebrados que apareció en el planeta hace más de 390 millones de años y que contiene a su vez tres subgrupos: 1) Anura: incluye a las ranas y sapos, organismos que evolucionaron como máquinas saltadoras al poseer patas anteriores cortas y patas posteriores fuertes y largas, además de carecer de cola en estado adulto; 2) Caudata: abarca a las salamandras, anfibios que poseen cuatro patas de tamaño similar, una cola larga y ojos bien desarrollados; y 3) Gymnophiona comprende a unos anfibios alargados, cilíndricos, sin patas y con apariencia de gusanos gigantes conocidos como cecilias (Cox *et al.* 2009). Los anfibios se distinguen de los demás vertebrados tetrápodos (reptiles, aves y mamíferos) por poseer una piel sumamente delgada y con abundantes glándulas, las cuales mantienen la piel húmeda y en algunas especies también producen toxinas; asimismo, porque depositan huevos que no están cubiertos por una cáscara dura (Quintero-Díaz *et al.* 2008). La mayoría de los miembros de este grupo tiene dos etapas en su vida: una larvaria que generalmente se asocia al agua, durante la que reciben los nombres de renacuajos, popochas, tepocates, larvas o “champu-jones”, y una etapa adulta que se asocia al medio terrestre (Wells 2007).

Diversidad

Actualmente se reconocen alrededor de 7 187 especies de anfibios en el mundo (Parra-Olea *et al.* 2014), que constituyen 0.4% de las 1.7 millones de especies de organismos vivos descritos por la ciencia (Collins y Crump 2009). En México se tienen 376 especies (Parra-Olea *et al.* 2014) que representan 5.2% de todas las especies de

anfibios del mundo, esto coloca a México como el quinto lugar mundial en diversidad de anfibios, después de Brasil, Colombia, Ecuador y Perú (Chanson *et al.* 2008).

Cabe señalar que los tres subgrupos de anfibios no están igualmente representados en el planeta, pues de las 7 187 especies, 6 333 (88.1%) son ranas y sapos (anuros), 655 (9.1%) son salamandras (caudados) y 199 (2.8%) son cecilias (Frost 2013). México posee 234 especies de anuros (3.7% del total mundial), 137 de salamandras (19.6% del mundo) y dos de cecilias (1% del mundo; Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004, Parra-Olea *et al.* 2014).

En Zacatecas se reportan 25 especies de anfibios que representan 6.64% del total que habita el territorio nacional y 0.34% de las especies de anfibios que se conocen para el mundo. De los tres grupos de anfibios, en el estado solo existen representantes de Anura y Caudata (no existen cecilias en Zacatecas): 22 especies de ranas y sapos (9.4% del total nacional y 0.34% del total mundial) y tres especies de salamandras (2.2% y 0.46% del total nacional y mundial, respectivamente). Por arriba del nivel de especie, Zacatecas cuenta con 11 géneros de anuros y dos de salamandras. De los anuros, los géneros mejor representados son los sapos del género *Anaxyrus* y las ranas *Lithobates*, con cinco especies cada una. Del grupo de los caudados únicamente se tienen dos géneros de salamandras: *Ambystoma* e *Isthmura* (apéndice 17).

Estudio de los anfibios en la entidad

En el estado los anfibios se han estudiado poco y las escasas referencias existentes hasta el momento son trabajos restringidos temporal y espacialmente.

Sigala-Rodríguez, J.J., G.E. Quintero-Díaz, I.T. Ahumada-Carrillo y D.E. Carrillo-Lara. 2020. Anfibios. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 229-234.

Entre los más importantes está el de Smith y Taylor (1948), que compila la información conocida sobre los anfibios de México y donde se presenta el primer listado a nivel estatal. Asimismo, existen otros trabajos de gran relevancia que tratan sobre regiones específicas, como la sierra Fría, la sierra Morones (Wilson y McCranie 1979) y el desierto Chihuahuense (Morafka 1977). También hay reportes de colectas esporádicas o que se realizaron fortuitamente en el estado y cuyos ejemplares existen en colecciones zoológicas (Chrapliwy *et al.* 1961); igualmente hay estudios ecológicos y revisiones taxonómicas de especies que se distribuyen en el estado (Bogert 1962, Zweifel 1967, Anderson 1978, Anderson y Webb 1978, Krupa 1990, Webb 1991, Duellman 2001a, b) y, finalmente, se cuenta con información de trabajos elaborados recientemente en Zacatecas (Ahumada-Carrillo *et al.* 2011). En la figura 1 se muestra el desarrollo histórico del conocimiento de los anfibios y reptiles en el estado, donde se indica con una línea el incremento en la diversidad de ambos grupos taxonómicos basado en la fecha de reporte de las especies, iniciando con el sapo *Anaxyrus debilis* en 1938 para el caso de los anfibios.

El conocimiento sobre la distribución de los anfibios en el estado se encuentra en sus etapas iniciales. Recientemente se han realizado algunos estudios sobre la diversidad de anfibios, pero se han llevado a cabo en zonas aisladas (véanse estudios de caso sobre herpetofauna en esta misma sección) y se requiere más trabajo para cubrir todo el territorio estatal. Esto seguramente brindará más registros de especies que las que se manejan en este capítulo y permitirá tener un listado más completo de la totalidad de anfibios que hay en la entidad. Cabe mencionar que las condiciones naturales son adecuadas y la infraestructura carretera permite llegar a muchos sitios, pero el tamaño de la entidad y las condiciones de inseguridad dificultan el trabajo de campo y lo hacen prácticamente imposible en algunas regiones.

Endemismos y especies de distribución restringida

En México el grupo de los anfibios alcanza niveles de diversidad altos, así como el número de especies endémicas, ya que 67% de las especies presentes en él no existen en otro sitio (Frías-Álvarez *et al.* 2010). En Zacatecas se reportan 14 de estas especies, es decir, 56% de las especies presentes en la entidad son exclusivas de México. A pesar de que no existe ninguna especie endémica para el estado, algunas presentan distribución restringida, como las salamandras *Ambystoma rosaceum* e *Isthmura bellii* (figura 2), mientras que otras especies se encuentran en los límites de su área de distribución, como son el sapo *Rhinella horribilis* (figura 3) y la rana de madriguera *Smilisca fodiens*.

Por otra parte, en la entidad existen anfibios originarios de cuatro diferentes regiones fisiográficas: los característicos de la Mesa del Centro en el centro y norte del estado, como los sapos *Anaxyrus compactilis* e *Hypopachus variolosus*; los de la Sierra Madre Occidental en el oeste de la entidad, como la salamandra *Ambystoma rosaceum* y la rana ladradora *Craugastor augusti* (figura 4); los del Eje Neovolcánico en el sur y los de la vertiente del río Santiago en el extremo suroeste, tales como la rana *Lithobates neovolcanicus* y el sapo *Rhinella horribilis*, respectivamente.

Distribución

La mayor diversidad de los anfibios está en los continentes que originalmente formaban el supercontinente Gondwana (particularmente, Sudamérica y África), siendo la zona neotropical, compuesta por México, Centroamérica y Sudamérica, la que tiene la mayor diversidad de especies de los tres grupos de anfibios (Duellman 1999). A nivel nacional, las zonas con mayor riqueza de anfibios se encuentran en el centro-sur del país, particularmente en el Eje Neovolcánico y el Istmo de Tehuantepec (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006).

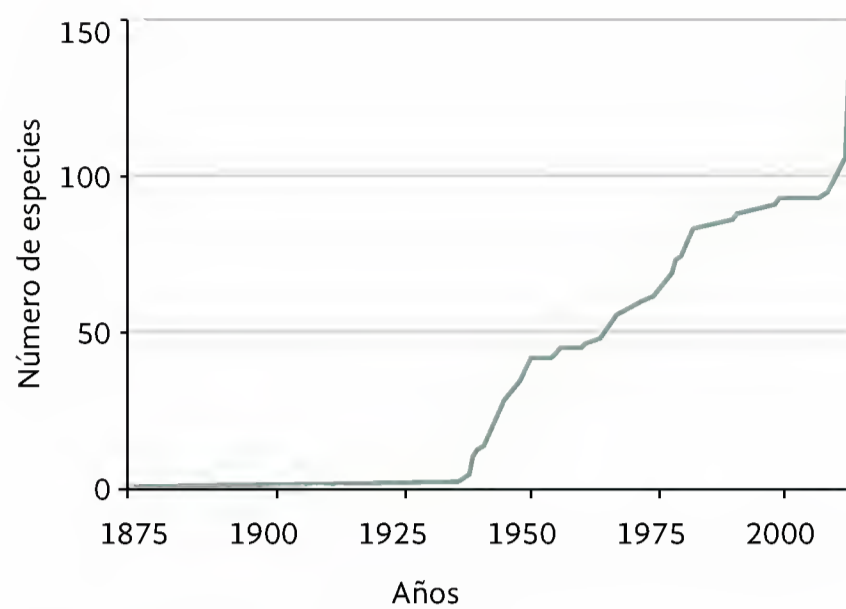


Figura 1. Incremento en el número de especies de anfibios y reptiles reportadas en la entidad. Los años en el eje horizontal corresponden al año en el que se reportó la especie. Fuente: elaboración propia.

Los anfibios están presentes en todo el territorio estatal, aunque se restringen principalmente a lugares donde existen cuerpos de agua. La mayor diversidad se presenta en las zonas más húmedas, como los cañones del suroeste y las zonas boscosas de altitudes medias, como las sierras de Monte

Escobedo, Valparaíso y Morones. Lo anterior no significa que las zonas secas estén exentas de este grupo, ya que en ellas se pueden encontrar anfibios adaptados a condiciones de aridez, tales como los sapos *Anaxyrus punctatus* y *Spea multiplicata*, aunque en estas regiones los ejemplares se encuentran más fuertemente asociados a los cuerpos de agua.

Importancia ecológica, económica y cultural

Los anfibios están considerados como excelentes bioindicadores (organismos que proporcionan información sobre la calidad de su hábitat), ya que son altamente sensibles a los cambios del ambiente en que habitan, como la contaminación, la desaparición de los cuerpos de agua, los cuales usan para vivir y reproducirse, así como la degradación y fragmentación de su hábitat (Wells 2007). Además, forman parte importante en los ciclos de los nutrientes al alimentarse de ciertos animales y servir de alimento a otros; son controladores naturales



Figura 2. La salamandra *Isthmura bellii* posee una distribución restringida al centro de México. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.



Figura 3. El sapo *Rhinella horribilis* habita las vertientes del golfo de México y del Pacífico, y llega hasta la zona de cañones del estado. Foto: Iván Trinidad Ahumada Carrillo.



Figura 4. La rana *Craugastor augusti* es característica de la Sierra Madre Occidental y es rara en varias localidades. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

de plagas, pues cuando son adultos se alimentan principalmente de insectos, gusanos y otros invertebrados; son usados como modelos biológicos en laboratorios de instituciones de enseñanza e investigación, principalmente en países desarrollados de Norteamérica, Europa y en Japón. Muchas especies se crían para el consumo humano (ancas de rana), como la rana toro *Lithobates catesbeianus*. Además, con las secreciones de algunas especies se elaboran sustancias para el tratamiento de ciertas enfermedades, como la depresión, convulsiones, derrames cerebrales y hasta la esquizofrenia; tal es el caso de las secretadas por la rana flecha venenosa *Epipedobates tricolor* (Cox

et al. 2008, Quintero-Díaz *et al.* 2008; véase “Usos y mitos sobre anfibios y reptiles” en esta misma obra).

Situación y estado de conservación

Los anfibios son organismos con graves problemas de conservación (Chanson *et al.* 2008). De 5 915 especies evaluadas, al menos un tercio está catalogada en peligro de extinción. De las especies de anfibios conocidas, 21% se encuentran en la categoría de peligro crítico o peligro. Sin embargo, el conocimiento sobre su estado de conservación no está completo, ya que 23% de las especies no tiene ningún estatus y 44% de ellas están listadas en categorías menos críticas, como casi amenazadas o de preocupación menor (Chanson *et al.* 2008).

En Zacatecas ocho especies de anfibios se encuentran enlistadas en alguna categoría según la NOM-059 (SEMARNAT 2010): las ranas *Lithobates chiricahuensis* y *L. neovolcanicus*, y la salamandra *Isthmura bellii* están catalogadas como amenazadas. Las cinco especies restantes están sujetas a protección especial: las ranas *L. montezumae* y *Eleutherodactylus verrucipes*, el sapo *Anaxyrus debilis* y las salamandras *Ambystoma velasci* y *A. rosaceum* (apéndice 17). En lo que respecta a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2015), todos los anfibios del estado están en alguna categoría de riesgo. *Anaxyrus mexicanus* y *Lithobates neovolcanicus* están enlistados como casi amenazados, *Craugastor occidentalis* y *L. psilonota* están catalogados como datos insuficientes, la salamandra *Isthmura bellii* y las ranas *L. chiricahuensis* y *Eleutherodactylus verrucipes* se encuentran vulnerables, mientras que las 18 especies restantes están enlistadas como preocupación menor (apéndice 17). En general, hay correspondencia entre las categorías de protección nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010) y las mundiales (Lista Roja de la UICN), las excepciones son los sapos *Anaxyrus debilis*, *A. mexicanus*, la rana *Lithobates montezumae* y las salamandras del género *Ambystoma*. En algunos casos esto se debe a la falta de evaluaciones reales y en otros porque

son especies de amplia distribución o porque recientemente sufrieron cambios de nombre y su estatus tendría que evaluarse nuevamente en las regiones geográficas donde habitan.

Amenazas para su conservación

Al igual que muchos organismos, los anfibios enfrentan problemas para su conservación debido a la cada vez mayor disminución en cantidad y calidad del hábitat que ocupan. Las actividades humanas (industria, carreteras, centros urbanos, escuelas y los campos para cultivo) tienen un alto impacto en el hábitat de los anfibios (Duellman 1999). El cambio climático global es un factor adicional de amenaza, ya que el clima es menos estable que en décadas anteriores y los patrones erráticos de precipitación afectan a estos y otros organismos que dependen de la lluvia para su reproducción. Ante esta situación, los anfibios enfrentan lo que los científicos llaman declinación global de las poblaciones de anfibios, es decir, sus poblaciones disminuyen o desaparecen en muchos lugares del mundo.

Las razones de esta disminución son variadas y se relacionan de una manera compleja (Collins y Crump 2009): la pérdida de hábitat, la contaminación del agua, suelo y aire, el aprovechamiento sin control de los recursos naturales, las enfermedades infecciosas y el posible impacto del cambio climático a nivel global (Lips *et al.* 2008, Stuart *et al.* 2008). Aunque los anteriores factores operan a nivel global, en México también se han

registrado problemas similares, como es el caso de las poblaciones monitoreadas por Lips *et al.* (2004). Sin embargo, es notoria la poca cantidad de estudios a nivel nacional y alarmante la carencia de estudios de este tipo a nivel estatal.

Conclusiones y recomendaciones

El listado que se presenta se obtuvo de la recopilación de información publicada, revisión de literatura, bases de datos y trabajo de campo, lo que constituye un esfuerzo inicial para el conocimiento de los anfibios presentes en la entidad. Sin embargo, este listado es solamente la base, pues se requiere mayor trabajo para llenar el vacío de información y documentar la diversidad de anfibios en más regiones, como la mitad norte del estado, la franja árida del este que colinda con San Luis Potosí y la frontera biológicamente diversa con Durango, Nayarit y Jalisco.

Una vez que se pueda documentar la diversidad de anfibios en más regiones, también será necesario conocer el estado que guardan sus poblaciones y ello solo se logrará mediante esquemas de monitoreo que puedan realizarse de manera periódica y a lo largo de varios años. Se requieren estudios poblacionales de abundancia o densidad de especies prioritarias, así como del conocimiento de sus historias de vida, sus interacciones con otras especies, entre muchos otros tópicos de investigación. Solo con información de este tipo se podrán elaborar estrategias de acción realistas a favor de la conservación de las poblaciones de anfibios de Zacatecas.

Referencias

- Ahumada-Carrillo, I.T., O. Vázquez-Huizar, J. Vázquez-Díaz y U.O. García-Vázquez. 2011. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Zacatecas, México. *Herpetological Review* 42(3):397-398.
- Anderson, J.D. 1978. *Ambystoma rosaceum*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 206:1-2.
- Anderson, J.D. y R.G. Webb. 1978. Life history aspects of the Mexican salamander *Ambystoma rosaceum* (Amphibia, Urodela, Ambystomatidae). *Journal of Herpetology* 12(1):89-93.
- Bogert, C.M. 1962. Isolation mechanisms in toads of the *Bufo debilis* group in Arizona and western Mexico. *American Museum Novitates* 2100:1-37.
- Chanson, J., M. Hoffmann, N. Cox y S. Stuart. 2008. The state of the world's amphibians. En: *Threatened amphibians of the world*. S.N. Stuart, M. Hoffmann, J.S. Chanson, N.A. Cox *et al.* (eds.). Lynx Edicions, Barcelona, pp. 33-53.
- Chrapliwy, P.S., K. Williams y H.M. Smith. 1961. Noteworthy records of amphibians from Mexico. *Herpetologica* 2(17):85-90.

- Collins, J.P. y M.L. Crump. 2009. *Extinction in our times: global amphibian decline*. Oxford University Press, Oxford.
- Cox, N., R.J. Berridge, D. Church *et al.* 2008. Why save amphibians? En: *Threatened amphibians of the world*. S.N. Stuart, M. Hoffmann, J.S. Chanson *et al.* (eds.). Lynx Edicions, Barcelona, pp 23-27.
- Cox, N., S. Stuart, J. Chanson *et al.* 2009. An introduction to the amphibians. En: *Threatened amphibians of the world*. S.N. Stuart, M. Hoffmann, J.S. Chanson *et al.* (eds.). Lynx Edicions, Barcelona, pp. 2-17.
- Duellman, W.E. 1999. Global distribution of amphibians: Patterns, conservation and future challenges. En: *Patterns of distribution of amphibians: a global perspective*. W.E. Duellman (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp 1-30.
- . 2001a. *Hylid frogs of middle America*. Society for the study of amphibians and reptiles, Ithaca.
- . 2001b. *The Hylid frogs of middle America. Revised and expanded edition. Hylid frogs of middle America*. Society for the study of amphibians and reptiles, Ithaca.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):115-144.
- Frías-Álvarez, P., J. Zúñiga-Vega y O. Flores-Villela. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation* 19:3699-3742.
- Frost, D.R. 2013. *Amphibian species of the world: an online reference. Versión 5.6*. En: <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>>, última consulta: 14 de mayo del 2015.
- Krupa, J.J. 1990. *Bufo cognatus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*. 457:1-8.
- Lips, K.L., J.R. Mendelson, A. Muñoz-Alonso *et al.* 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: resurveys of historical localities. *Biological Conservation* 119:555-564.
- Lips, K.R., J. Diffendorfer, J.R. Mendelson III y M.W. Sears. 2008. Riding the wave: reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *Public Library of Science Biology* 6:1-15.
- Morafka, D.J. 1977. *A biogeographical analysis of the chihuahuan desert through its herpetofauna*. Springer, Países Bajos.
- Ochoa-Ochoa, L.M. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM/CONABIO, México.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:460-466.
- Quintero-Díaz, G.E., J. Vázquez Díaz y J. Sigala Rodríguez. 2008. Anfibios. En: *La biodiversidad en Aguascalientes: estudio de Estado*. CONABIO/IMAE/UAJ, México, pp. 135-139.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre del 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto Vigente.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1948. An annotated checklist and key to the amphibian of Mexico. *Bulletin of the United States National Museum* 194:1-117.
- Stuart, S.N., M. Hoffmann, J.S. Chanson *et al.* (eds.). 2008. *Threatened amphibians of the world*. Lynx Edicions, Barcelona.
- IUCN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. *The IUCN red list of threatened species. Versión 2014.3*. En: <www.iucnredlist.org>, última consulta: 14 de mayo del 2015.
- Webb, R.G. 1991. The identity of *Rana trilobata* Mocquard (Anura: Ranidae). *Herpetologica* 47(1):13-21.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Wilson, L.D. y J.R. McCranie. 1979. Notes on the herpetofauna of two mountain ranges in México (Sierra Fria, Aguascalientes and Sierra Morones, Zacatecas). *Journal of Herpetology* 13(3):271-278.
- Zweifel, R.G. 1967. *Eleutherodactylus augusti*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 41:1-4.

Reptiles

José Jesús Sigala Rodríguez • Gustavo Ernesto Quintero Díaz
Iván Trinidad Ahumada Carrillo • Rubén Alonso Carbajal Márquez
Enrique David Enríquez Enríquez • María del Refugio Vacio de la Torre

Hace 320 millones de años aparecieron en el planeta los antracosaurios, el primer grupo de vertebrados que podía dejar definitivamente el medio acuático, debido a que poseían una piel más gruesa y resistente a la desecación que los otros vertebrados terrestres de ese tiempo (los anfibios). De este grupo se originaron los ancestros de los mamíferos y de los reptiles. La línea de los reptiles dio origen a los dinosaurios, pterosaurios, cocodrilos, aves, tortugas, serpientes, lagartijas y el tuátara (Vitt y Caldwell 2009). En este capítulo se ocupa únicamente de los reptiles vivientes, particularmente de los presentes en Zacatecas, excluyendo a las aves, que son estudiadas de manera independiente por cuestiones prácticas e históricas (Pough *et al.* 2009), a pesar de que evolutivamente están dentro del grupo de los reptiles.

Descripción

Todos los reptiles (Reptilia) son animales vertebrados y tienen una piel impermeable cubierta de escamas. Además, son ectotermos, lo que quiere decir que son incapaces de generar su propio calor corporal como lo hacen los mamíferos y, por tanto, generalmente tienen que asolearse para elevar la temperatura de su cuerpo. La mayoría de los reptiles deposita huevos llamados amnióticos, que tienen una cáscara mucho más resistente a la desecación que la de los anfibios; y además existen especies vivíparas. Estas características les han permitido no depender del agua para reproducirse, razón por la que han podido colonizar casi todos los rincones del planeta. El que sean ectotermos podría parecer una desventaja, ya que sus cuerpos no funcionan bien a temperaturas bajas,

pero en realidad es una gran ventaja, debido a que no gastan energía para mantener una temperatura corporal constante y pueden subsistir con una fracción mucho más pequeña de alimento que la que requieren los mamíferos (Pough *et al.* 2009).

Los reptiles están representados por tres grupos: el primero, Testudines, agrupa a las tortugas, que son fácilmente distinguibles debido a que poseen un caparazón como protección. El segundo corresponde a los Arcosauria, que incluye a las aves, y los Crocodylia (cocodrilos, aligatores, caimanes y gaviales). El tercer y último grupo de reptiles es llamado Lepidosauria y abarca a los escamosos (lagartijas, anfisbaénidos y serpientes) y a los esfenodontes (tuátara). Los escamosos muestran una tendencia a la pérdida de las extremidades que va de las lagartijas, que poseen generalmente cuatro extremidades bien desarrolladas y una cola larga, hasta las serpientes, que las han perdido completamente. Los esfenodontes (Rynchocephalia) son reptiles primitivos parecidos a las lagartijas que han sobrevivido con pocos cambios por más de 240 millones de años (Vitt y Caldwell 2009) y, en la actualidad, solo habitan en Nueva Zelanda.

Diversidad

A nivel mundial se tienen reportadas 9 834 especies de reptiles en 1 109 géneros. Del total de especies, 6 035 son lagartijas (incluyendo anfisbaénidos), 3 442 serpientes, 332 son tortugas, 25 cocodrilos y un tuátara (McDiarmid 2012). En México se tienen registradas 864 especies de reptiles que se incluyen en 159 géneros y 40 familias (Flores Villela y García Vázquez 2014): 417 son lagartijas, 393 serpientes, 48 tortugas, tres cocodrilos y tres anfisbaénidos.

Sigala-Rodríguez, J.J., G.E. Quintero-Díaz, I.T. Ahumada-Carrillo, R.A. Carbajal-Márquez, E.D. Enríquez y M.R. Vacio de la Torre. 2020. Reptiles. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 235-240.

En Zacatecas se reconocen 108 especies de reptiles distribuidas en 19 familias y 50 géneros: dos especies de tortugas en un solo género, 46 especies de lagartijas repartidas en 18 géneros, y 60 especies de serpientes en 31 géneros (cuadro 1, apéndice 18). No se han encontrado cocodrilos o anfisbaénidos en el territorio estatal.

En lo referente a familias, las dos especies de tortugas están en la familia Kinosternidae. Para el grupo de las lagartijas tenemos las siguientes 10 familias: Anguidae (con cuatro especies), Crotophytidae (con dos), Eublepharidae (una), Helodermatidae (una), Iguanidae (una), Phrynosomatidae (28), Dactyloidae (una), Scincidae (tres), Teiidae (tres) y Xantusidae (dos). Mientras que para las serpientes se tienen registradas ocho familias: Boidae (con una especie), Colubridae (30), Dipsadidae (ocho), Elapidae (una), Leptotyphlopidae (dos), Natricidae (ocho), Typhlopidae (una) y Viperidae (nueve).

Los géneros más diversos son los de las lagartijas del género *Sceloporus* (con 19 especies), las serpientes de cascabel del género *Crotalus* (nueve), las culebras *Thamnophis* (seis) y *Coluber* (cinco), y las lagartijas del género *Phrynosoma* (cuatro), mientras que los géneros restantes tienen tres, dos o una sola especie.

Estudio de los reptiles en Zacatecas

En el estado se han realizado pocos estudios sobre este grupo, de los cuales a continuación se hace un recuento: Dugès (1869) reporta a *Crotalus atrox* para el estado; Cope (1885) a la lagartija *Sceloporus*

minor; Smith (1939) enlistó siete especies de lagartijas escamosas del género *Sceloporus*; Gloyd (1940) en su estudio de cascabeles mencionó tres especies; Smith y Taylor (1945) indicaron 16 especies de serpientes y en 1950 reportaron 13 especies de lagartijas; Baker *et al.* (1967) incrementaron siete especies más de reptiles; Wilson y McCranie (1979) reportaron 12 especies de reptiles para la sierra de Morones. Varios autores del Catalogue of American Amphibian and Reptiles enlistaron 51 especies de reptiles potenciales para el estado; Acuña-Gómez y Martínez-Arteaga (1995) reportaron cinco especies de serpientes; Ávila-Villegas (2007) anexó al lagarto escorpión *Heloderma horridum* (figura 1); Ahumada-Carrillo y colaboradores (2011) aumentaron cuatro especies de lagartijas y tres de serpientes; Villa *et al.* (2011) reportaron a la culebra *Mastigodryas clifftoni* y Ahumada-Carrillo y Vázquez-Huizar (2012) a la coralillo *Micrurus distans*; Carbajal-Márquez *et al.* (2012) adicionaron a la serpiente *Conopsis lineata*; García-Balderas y Quintero-Díaz (2012) reportaron a la culebra *Geophis dugesii*; Ahumada-Carrillo *et al.* (2014) mencionaron a la lagartija *Sceloporus shannonorum*; Grummer y Bryson (2014) describieron a la lagartija *Sceloporus auriantus*; Carbajal-Márquez *et al.* (2015) sumaron la víbora de cascabel *Crotalus aquilus* y Bañuelos-Alamillo y colaboradores (2015) añadieron a la culebra *Trimorphodon paucimaculatus*.

Recopilaciones previas sobre el número de reptiles en la entidad reportaron desde 59 especies (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008) hasta 99

Cuadro 1. Diversidad de reptiles en el estado y su representatividad a nivel nacional y mundial.

Grupo	Familia	Especies	Representatividad nacional (%)	Representatividad mundial (%)
Tortugas	Kinosternidae	2	4.2	0.6
Lagartijas (10 familias)	Anguidae, Crotophytidae, Eublepharidae, Helodermatidae, Iguanidae, Phrynosomatidae, Dactyloidae, Scincidae, Teiidae, Xantusidae	46	11.5	0.8
Serpientes (8 familias)	Boidae, Colubridae, Dipsadidae, Elapidae, Leptotyphlopidae, Natricidae, Typhlopidae, Viperidae	60	15.3	1.7
Total		108	12.5	1.1

Fuente: elaboración propia.



Figura 1. El lagarto escorpión *Heloderma horridum* es una especie encontrada con poca frecuencia. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

(Ochoa Ochoa y Flores Villela 2006). Sin embargo, este es el primer estudio que presenta la lista de especies más completa con base en la revisión de literatura, bases de datos taxonómicas y exploraciones recientes en todo el territorio estatal (apéndice 18).

Endemismos

Del total de especies de reptiles en el país, 69.8% son endémicas, esto es, que habitan únicamente en el territorio nacional. Esto se debe a que su distribución es muy reducida, lo cual a su vez las hace más vulnerables a la extinción. Cabe destacar que del total de especies endémicas para el país, únicamente 17.7% se encuentra en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dejando al resto sin protección (Flores Villela 1991). Por otra parte, del total de especies de reptiles de Zacatecas, 52 (48.2%) son endémicas al país, aunque aún no se tiene ninguna especie endémica para la entidad.

Distribución

El estado es uno de los menos estudiados en materia de biodiversidad y ello ha hecho que sea considerado biológicamente poco diverso. Asimismo, el conocimiento sobre la distribución de las especies es poco preciso. La evaluación más reciente sobre la diversidad de anfibios y reptiles por entidad, menciona que en el estado se tienen 0.011 registros de anfibios y reptiles por kilómetro cuadrado,

lo que representa el índice más bajo de todo el país y que contrasta con las cifras para la Ciudad de México (1.895 registros/km²), Morelos (0.611), Colima (0.520) y Estado de México (0.404; Ochoa Ochoa y Flores Villela 2006).

Los pocos estudios que se han realizado en la entidad son reportes de la presencia local de especies o estudios de zonas específicas, como los cañones, las sierras de Morones, Fría y de Valparaíso, los cerros Gordo y Colorado y Atolinga (véase “Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado” en esta misma obra). Hace falta más esfuerzo de muestreo en la mayor parte del territorio estatal para conocer con mayor detalle la distribución de sus especies, entre otros atributos poblacionales.

Situación y estado de conservación

El estado de conservación es la erosión o pérdida de los productos de la evolución orgánica expresada en las poblaciones, cultivares, especies y ecosistemas de México, y del deterioro de la funcionalidad de los ecosistemas ocasionado por la actividad antropogénica (Dirzo *et al.* 2008).

En Zacatecas, si bien aún no existen listados de especies para la mayor parte de los municipios, es todavía más marcada la carencia de estudios sobre sus tendencias poblacionales. Por el momento se cuenta únicamente con las evaluaciones a nivel nacional y mundial que hacen la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), respectivamente. De acuerdo con la NOM-059, 41 (37.9%) de las 108 especies de reptiles del estado están en alguna categoría de protección: 23 (21.2%) están sujetas a protección especial (Pr); 17 (15.7%) están amenazadas (A) y solamente una especie (0.9%), la lagartija *Xantusia sanchezi*, se considera en peligro de extinción (P) (SEMARNAT 2010). Cabe mencionar que cuatro especies (3.6% del total) quedaron fuera de la NOM-059 debido a los recientes cambios taxonómicos que les asignaron nuevo nombre científico,

por lo que habrá que incluirlas en la actualización de dicho listado (apéndice 18).

En lo que respecta a la Lista Roja de la uicn (2015), 16 especies de reptiles (14.8%) no han sido evaluadas por este organismo, 88 (81.4%) se encuentran en la categoría de preocupación menor (LC); una especie (0.9%), la lagartija *Sceloporus ornatus*, se encuentra en la categoría de casi amenazada (NT); dos especies (1.9%), la lagartija *Sceloporus maculosus* y la serpiente *Thamnophis scaliger*, están catalogadas como vulnerables (VU); y una especie (0.9%), la serpiente *Thamnophis melanogaster* (figura 2), se registra como amenazada (EN). Existen similitudes y diferencias entre ambos listados; sin embargo, para poder determinar la razón de las desemejanzas es necesario llevar a cabo estudios locales de tipo poblacional para determinar adecuadamente su estado de conservación.

Amenazas para su conservación

Los reptiles parecen sufrir una crisis de conservación similar a la de los anfibios, aunque reciban menos atención que la de estos últimos (Gibbons *et al.* 2000). Las principales causas de esta crisis a nivel mundial son: 1) la pérdida y la degradación del hábitat que ocupan; 2) la competencia entre las especies introducidas e invasivas con las locales; 3) la contaminación ambiental; 4) las enfermedades; 5) el uso insostenible; y 6) el cambio climático global (Gibbons *et al.* 2000).

En el estado los reptiles enfrentan varias amenazas. Por ejemplo, son usados de manera generalizada con fines medicinales, tradicionales y económicos (véase “Usos y mitos sobre anfibios y reptiles” en esta misma obra), por lo que es urgente realizar evaluaciones sobre el estado de conservación de las especies que son usadas con frecuencia, como las serpientes de cascabel (figura 3) y buscar que se implementen esquemas sustentables de aprovechamiento.

Por otra parte, muchas especies son encontradas constantemente atropelladas en las carreteras, como las culebras alicantes (*Pituophis deppei*)



Figura 2. La culebra de agua *Thamnophis melanogaster* se considera amenazada tanto en la NOM-059 como en la uicn; sin embargo, es una especie relativamente común en muchas de las localidades trabajadas. Foto: Iván Trinidad Ahumada Carrillo.

y las culebras chirrioneras (*Coluber flagellum* y *C. mentovarius*; figura 4), mientras que otras presentan problemas de conservación similares a los que enfrentan en diferentes partes de sus áreas de distribución, como la lagartija sin oídos (*Holbrookia maculata*; Taggart 2006, Sigala-Rodríguez y Greene 2009). De manera más general, muchas otras especies enfrentan amenazas en zonas con cambios drásticos e intensivos a causa de la actividad humana, como la contaminación de la mayoría de los cuerpos de agua y la destrucción de grandes extensiones de hábitat natural por las actividades mineras.



Figura 3. La serpiente de cascabel *Crotalus lepidus* habita en gran parte del territorio estatal. La foto muestra un macho con su característica coloración verdosa. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

Conclusiones y recomendaciones

Zacatecas era considerado como el vigésimo noveno estado del país en cuanto a la riqueza de especies de reptiles, habiendo solo tres entidades con menos especies de este grupo (Tlaxcala, Guanajuato y Aguascalientes; Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Con las 108 especies de reptiles reconocidas en el presente estudio, la entidad se ubica en el décimo cuarto lugar en diversidad de reptiles del país y conforme se siga trabajando seguramente se incrementará su riqueza.

La carencia de información sobre los reptiles del estado ha ocasionado que queden fuera de los planes de conservación de este grupo, como es el caso de los sitios prioritarios para la conservación de los reptiles, cuya definición se basa principalmente en los reportes de riqueza y abundancia de las especies (Ochoa Ochoa *et al.* 2011). En este sentido, el presente documento es un avance importante en el conocimiento de este grupo y es de esperar que el listado de especies se incremente significativamente conforme se hagan más trabajos en regiones que han sido marginalmente exploradas.

Referencias

- Acuña-Gómez, M.R.L. y P. Martínez-Arteaga. 1995. *La herpetofauna de Zacatecas*. Cuadernillos Ecológicos: Serie Reptiles. Escuela Preparatoria de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Ahumada-Carrillo, I.T., N. Pérez Rivera, J. Reyes-Velasco *et al.* 2014. Notable records of amphibians and reptiles from Colima, Nayarit, Jalisco, and Zacatecas, México. *Herpetological Review* 45(2):287-291.
- Ahumada-Carrillo, I.T. y O. Vázquez-Huizar. 2012. *Micrurus distans* (west mexican coral snake). Geographic distribution. *Herpetological Review* 43(1):106.
- Ahumada-Carrillo, I.T., O. Vázquez-Huizar, J. Vázquez-Díaz y U.O. García-Vázquez. 2011. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Zacatecas, México. *Herpetological Review* 42(3):397-398.
- Ávila-Villegas, H. 2007. *Heloderma horridum horridum* (mexican beaded lizard). Geographic distribution. *Herpetological Review* 38(2):218.



Figura 4. Entre las serpientes que se observan en el estado, la chirriónera (*Coluber mentovarius*) es una de las que mayor tamaño alcanza, después de la *Boa imperator*. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

Finalmente, un factor que requiere mayor atención por parte de las autoridades es la inseguridad desmedida que prevalece en la mayor parte del territorio zacatecano, ya que de manera general afecta todos los aspectos de la vida social y económica, y de manera particular ha imposibilitado el trabajo exploratorio para el conocimiento de la biodiversidad.

- Baker, R.H., R.G. Webb y P. Dalby. 1967. Notes on reptiles and mammals from southern Zacatecas. *The American Midland Naturalist* 77(1):223-226.
- Bañuelos-Alamillo, J., R. Carbajal Márquez, G. Quintero-Díaz y G. Moreno Ochoa. (2015). *Trimorphodon paucimaculatus* (Sinaloan Lyresnake). Geographic distribution: Zacatecas. *Herpetological Review* 46(3):387.
- Carbajal-Márquez, R.A., J.C. Arenas-Monroy, Z.Y. González-Saucedo *et al.* 2012. *Conopsis lineata* (lined toluacan ground snake). Geographic distribution. *Herpetological Review* 43(1):105.
- Carbajal-Márquez, R.A., Z.Y. González-Saucedo y J.C. Arenas-Monroy. 2015. *Crotalus aquilus* Klauber, 1952 (Squamata: Viperidae), a new state record for Zacatecas, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 31(1):131-133.
- Cope, E.D. 1885. A contribution to the herpetology of Mexico. *Proceedings of American Philosophical Society* 22:379-404.

- Dirzo, R., R. González Montagut y I.J. March. 2008. Estado de conservación del capital natural de México: retos y perspectivas. En: *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 805-809.
- Dugès, A. 1869. Reptiles y batracios de los Estados Unidos Mexicanos. *La Naturaleza* 2(2):479-485.
- Flores-Villela, O. 1991. *Análisis de la distribución de la herpetofauna de México*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias-UNAM, México.
- Flores-Villela, O. y U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S467-S475.
- García-Balderas, C.M. y G.E. Quintero-Díaz. 2012. *Geophis dugesii* (Dugès' earth snake). Geographic distribution. *Herpetological Review* 43(4):621.
- Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann *et al.* 2000. The global decline of reptiles, deca vu amphibians. *BioScience* 50(8):653-666.
- Gloyd, H.K. 1940. *The rattlesnakes: genera Sistrurus and Crotalus: A study in zoogeography and evolution*. Chicago Academy of Sciences, Chicago.
- Grummer, J.A. y R.W. Bryson Jr. 2014. A new species of bunchgrass lizard (Squamata: Phrynosomatidae) from the southern sky islands of the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Zootaxa* 3790(3):439-450.
- 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.
- McDiarmid, R.W. 2012. Reptile diversity and natural history: an overview. En: *Reptile biodiversity: standard methods for inventory and monitoring*. R.W. McDiarmid, M.S. Foster, C. Guyer *et al.* (eds.). University of California Press, Berkeley, pp. 7-23.
- Ochoa-Ochoa, L.M. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM/CONABIO, México.
- Ochoa-Ochoa, L., L.B. Vázquez, J.N. Urbina-Cardona y O. Flores-Villela. 2011. Priorización de áreas para conservación de la herpetofauna utilizando diferentes métodos de selección. En: *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*. P. Koleff y T. Urquiza-Haas (coords.). CONABIO/CONANP, México, pp. 89-108.
- Pough, F.H., C.M. Janis y J.B. Heiser. 2009. *Vertebrate life*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- 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. Texto vigente.
- Sigala Rodríguez, J.J. y H.W. Greene. 2009. Landscape change and conservation priorities: mexican herpetofaunal perspectives at local and regional scales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(1):231-240.
- Smith, H.M. 1939. The mexican and central american lizards of the genus *Sceloporus*. *Zoological Series Field Museum of Natural History* 26(445):1-397.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1945. An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *United States National Museum Bulletin* 187:1-239.
- . 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *United States National Museum Bulletin* 199:1-253.
- Taggart, T.W. 2006. Where have the *Holbrookia* gone? *Journal of Kansas Herpetology* 19:10.
- IUCN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. *The IUCN red list of threatened species*. En: <www.iucnredlist.org>, última consulta: 14 de mayo de 2015.
- Villa, R., P. Carrillo-Reyes y H. Ávila-Villegas. 2011. Geographic distribution: *Mastigodryas cliftoni* (Clifton's lizard eater). *Herpetological Review* 42(4):573.
- Vitt, L.J. y J.P. Caldwell. 2009. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press, China.
- Wilson, L.D. y J.R. McCranie. 1979. Notes on the herpetofauna of two mountain ranges in México (Sierra Fría, Aguascalientes and Sierra Morones, Zacatecas). *Journal of Herpetology* 13(3):271-278.

Diversidad de anfibios y reptiles de la sierra de Valparaíso

Luis Ignacio Almaraz Llamas • José Jesús Sigala Rodríguez

El municipio de Valparaíso se encuentra entre las coordenadas geográficas extremas 23° 09' y 22° 09' N y 103° 11' y 104° 19' O, con una altitud máxima sobre el nivel del mar de 2 700 m. Con sus 564 900 ha representa 7.52% de la superficie total del estado; colinda al suroeste con Jalisco, Nayarit al oeste y Durango al noroeste (INEGI 2009).

La sierra de Valparaíso (figura 1) se encuentra en la porción sur de la Sierra Madre Occidental; ocupa una superficie de 119 875 ha (CONABIO 2004), lo que representa una quinta parte de la superficie del municipio. Es una de las zonas boscosas más importantes del estado; la vegetación y el uso de suelo de la zona está representada por bosque (53.3%), pastizal (21.5%), selva (15.5%), suelo para agricultura (8.6%), matorral (0.8%) y zona urbana (0.1%). La región es dominada por un clima templado con lluvias en verano; precipitaciones de 2 mil a 4 mil milímetros anuales en promedio y temperaturas de entre 18 y 22°C, y por un clima seco con lluvias en verano,



Figura 1. Mimbres, Valparaíso, visto desde el camino que sube a la sierra de Valparaíso. Foto: Jesús Sigala Rodríguez.

con temperaturas de entre 18 y 22°C y precipitaciones anuales de 100 a 300 mm en promedio (INEGI 2009).

Como resultado de una revisión bibliográfica, de bases de datos (Reynoso 2007, HerpNet 2011) y del trabajo de campo, se obtuvo el listado de especies. El trabajo de campo inició en octubre de 2009 y terminó en abril de 2011; constó de nueve salidas, con 12 a 15 h de muestreo en cada una, dando un total de 139 h de trabajo.

Hasta el momento, en la sierra de Valparaíso se han encontrado 11 especies de anfibios (más una por describir) y 40 de reptiles (apéndices 17 y 18). Entre los anfibios predominan los anuros (ranas y sapos) con nueve especies, tres de ellas (30%) endémicas de México; y dos especies de salamandras, también endémicas de México. En el grupo de los reptiles se registraron 17 especies de lagartijas (figura 2), 10 de ellas (63%) son endémicas; 21 especies de serpientes, con poco más de la mitad de ellas endémicas (11 especies); y dos especies de tortugas, una de ellas endémica de México. De las 51 especies reportadas, 27 (52% del total) fueron encontradas durante las salidas al campo.

En lo que se refiere a su estado de conservación, 26 (50%) especies de anfibios y reptiles se encuentran listadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010): 11 (21.1%) en la categoría de amenazada (A) y 15 (28.8%) sujeta a protección especial (Pr).

La sierra de Valparaíso es famosa por su diversidad biológica y, aunque figura dentro de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA; CONABIO 2004), no está dentro de las regiones terrestres prioritarias de México (Arriaga *et al.*

Almaraz Llamas, L.I. y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Diversidad de anfibios y reptiles de la sierra de Valparaíso. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 241-242.



Figura 2. *Gerrhonotus liocephalus*, conocido localmente como escorpión (sierra de Valparaíso). Foto: Luis Ignacio Almaraz Llamas.

2000); sin embargo, esto no tiene que ver con la riqueza de especies, sino con la carencia de información ocasionada por la dificultad para trabajar en la zona.

El presente trabajo es la primera aportación formal para conocer la diversidad herpetofaunística de la sierra de Valparaíso, la cual se considera

como una zona de alta relevancia para la conservación en Zacatecas gracias a su buen grado de conservación (véase “Áreas naturales protegidas” en esta misma obra). Es posible que trabajos futuros puedan incrementar la riqueza que se describe en el presente estudio.

Referencias

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coord.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. CONABIO, México.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2004. *Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS)*. En: <<http://conabiweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>>, última consulta: 2 de septiembre de 2012.
- HerpNet. 2011. *Datos obtenidos de registros consultados en el portal de información HerpNet*. En: <<http://www.herpNet.org>>, última consulta: 21 de febrero de 2011.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Anuario Estadístico de Zacatecas 2009*. INEGI/Gobierno del Estado de Zacatecas, Aguascalientes.
- Reynoso, V.H. 2007. *Actualización de la base de datos de la colección nacional de anfibios y reptiles*. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. CE 6. Instituto de Biología-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. Texto vigente.

Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado

Samira Gretel Mata García • Citlalli Edith Esparza Estrada • José Jesús Sigala Rodríguez

El cerro Gordo y el cerro Colorado son dos regiones montañosas que se localizan en la parte centro sur del estado, dentro de los municipios de Genaro Codina y Ojocaliente, las cuales forman parte del Altiplano mexicano (Arriaga *et al.* 1997). Esta región posee un clima predominantemente semiseco y vegetación de matorral espinoso con manchones de bosques de encino y táscate en las partes más altas (CONANP 2006). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) la considera como una zona importante para la conservación debido a su diversidad biológica y además fue declarada como región prioritaria por el Programa de conservación para el desarrollo sostenible o PROCODES (SEMARNAT 2011). En la zona hay actividad ganadera extensiva, cacería, comunidades marginadas y no existe un plan de manejo ni listados actualizados para varios grupos de flora y fauna.

Con el objetivo de elaborar un listado de los anfibios y reptiles (herpetofauna) de la región cerro Gordo-cerro Colorado, se realizó una revisión de literatura, se consultaron bases de datos en línea (HerpNet 2011) y el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO; Reynoso 2007). Asimismo, desde agosto de 2009 hasta octubre de 2010 se efectuaron 16 salidas al campo (acumulando 372 horas hombre de muestreo) y se realizaron 410 recorridos por las dos carreteras que cruzan el área de estudio: la carretera estatal libre Guadalupe-Genaro Codina-San Jerónimo-Ciudad Cuauhtémoc y la autopista de cuota Guadalupe-Ciudad Cuauhtémoc. Para los recorridos en carretera se circulaba a velocidad

variable moderada, alrededor de las 7 h y de las 18 h (205 horas hombre de búsqueda).

Se reconocen 31 especies: ocho de anfibios y 23 de reptiles (apéndices 17 y 18). De estas, 17 (54.8%) fueron registradas durante las salidas de campo: dos especies de anfibios –el sapo rojo *Anaxyrus punctatus* (figura 1) y la rana verde *Hyla eximia*–, y 15 especies de reptiles. De las especies reportadas para la zona de estudio, 13 (42%) son endémicas de México, tales como las ranas *Lithobates montezumae* y *Syrrophus nitidus*, y las lagartijas *Sceloporus spinosus* y *S. torquatus*.

En lo que se refiere a su estado de conservación, ocho especies de anfibios y reptiles (26%) se encuentran sujetas a protección especial (Pr); cinco especies de reptiles (16.1%) se encuentran amenazadas (A); y 18 especies (58%) no están listadas en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). De acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2011), en el área de estudio hay 28 especies (90.3%) que cuentan con un estatus de preocupación menor (LC); una especie (3.12%) –la serpiente *Thamnophis melanogaster*– está en peligro (EN), y dos (6.5%) no están evaluadas.

No existe correspondencia entre ambos listados, ya que mientras que la UICN considera que 90.3% de las especies entra dentro de la categoría de preocupación menor, muchas de esas especies presentan categoría de sujeta a protección especial o amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010); o, como el caso de *T. melanogaster*, que está considerada por ambas listas como amenazada, cuando localmente es una especie relativamente abundante. Estos dos casos ilustran las inconsistencias que pueden

Mata García, S.G., C.E. Esparza-Estrada y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Anfibios y reptiles de cerro Gordo y cerro Colorado. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 243-245.



Figura 1. Sapo colorado (*Anaxyrus punctatus*). Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

surgir cuando se aplican esquemas de protección de gran escala (nacional o global) de manera local. Idealmente, la información de gran escala geográfica debería de combinarse con estudios locales.

Además, para determinar de manera simple las afinidades biogeográficas de cerro Gordo y cerro Colorado con otras regiones cercanas que ya han sido estudiadas, se realizó una comparación del listado de especies para la sierra Fría, que se ubica 36 km al sureste, y la sierra de Morones, que se encuentra a 91 km del área de estudio en la misma dirección (Anderson y Lidicker 1963, Wilson y McCranie 1979, Vázquez Díaz y Quintero Díaz 1997). De las 31 especies reportadas para los cerros Gordo y Colorado, 13 (41.9%) se encuentran también en la sierra Fría, mientras que nueve (29%) se comparten con la sierra de Morones.

El presente trabajo representa el primer listado de especies de anfibios y reptiles de cerro Gordo-cerro Colorado; sin embargo, futuras visitas al área

de estudio seguramente incrementarán el número de especies reportado, debido principalmente a que el trabajo de campo desafortunadamente coincidió con un periodo de sequía especialmente crítico y duradero. Esta sequía influyó localmente en el área de estudio, secando árboles del género *Juniperus* en gran parte de la zona y reduciendo el número de especies que podrían encontrarse durante las expediciones, particularmente de anfibios, que requieren mayor humedad que los reptiles.

Un problema local para los anfibios y reptiles, y que se replica en muchos otros sitios, es que los individuos son atropellados en los caminos. El alicante *Pituophis deppei* fue el más comúnmente encontrado, seguido por las serpientes de cascabel *Crotalus lepidus* y *C. molossus* y la serpiente *Salvadora bairdii*; de otras especies solo se encontró un ejemplar atropellado, como de las serpientes *Trimorphodon tau* y *Tantilla wilcoxi*, las cuales son consideradas raras en otros estudios.

Finalmente, aunque es un avance que la federación considere a esta región dentro de su sistema de áreas naturales protegidas, este es un hecho desconocido para la mayoría de los habitantes. Algunos de estos mencionaron una carencia de coordinación con el gobierno para acciones

de conservación. La información generada en este trabajo, además del beneficio general de conocer mejor la biodiversidad regional zacatecana, también podría ser directamente usada para iniciativas ecoturísticas de aplicación y beneficio local.

Referencias

- Anderson, J.D. y W.L. Lidicker Jr. 1963. A contribution to our knowledge of the herpetofauna of the mexican state of Aguascalientes. *Herpetologica* 19(1):40-51.
- Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa y R. Jiménez (eds.). 1997. *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. CONABIO, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. *Memoria técnica de cálculo del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón*. CONANP, México.
- HerpNet. 2011. *Datos obtenidos de registros consultados en el portal de información HerpNet*. En: <<http://www.herpNet.org>>, última consulta: 21 de febrero de 2011.
- Reynoso, V.H. 2007. *Actualización de la base de datos de la colección nacional de anfibios y reptiles*. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. CE 6. Instituto de Biología-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. Texto vigente.
- . 2011. *Acuerdo por el que se establecen las Reglas de Operación del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible*. Publicado el 26 de diciembre de 2011 en el Diario Oficial de la Federación.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. *The IUCN red list of threatened species. Versión 2010.4*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: 14 de febrero de 2011.
- Vázquez Díaz, J. y G.E. Quintero Díaz. 1997. *Anfibios y reptiles de Aguascalientes*. CIEMA/Gobierno del Estado de Aguascalientes, México.
- Wilson, L.D. y J.R. McCranie. 1979. Notes on the herpetofauna of two mountain ranges in México (Sierra Fría, Aguascalientes, and Sierra Morones, Zacatecas). *Journal of Herpetology* 13:271-278.

Serpientes venenosas

Lucía Avila Herrera • Citlalli Edith Esparza Estrada • José Jesús Sigala Rodríguez

México es uno de los países con mayor diversidad de reptiles en el mundo, cuenta con 864 especies, de las cuales 393 (45.5%) son serpientes. De este total, solo 67 (18.5%) son venenosas y peligrosas para el ser humano (Campbell y Lamar 1989, 2004, Flores Villela y García Vázquez 2014). En la mayoría de los estados del país existe una idea clara sobre las serpientes venenosas; sin embargo, en Zacatecas se han realizado muy pocos trabajos para conocer su diversidad. Con el objeto de avanzar en este tema de importancia biológica se hizo una revisión bibliográfica, se consultaron las bases de datos de universidades, museos y colecciones zoológicas nacionales e internacionales y se realizaron salidas al campo a las diferentes regiones y municipios del estado.

Los resultados arrojaron que en Zacatecas habitan dos tipos de serpientes venenosas: 1) las

serpientes de cascabel que pertenecen a la familia Viperidae con nueve especies presentes en el estado y 2) las serpientes de coralillo que pertenecen a la familia Elapidae, con una especie presente y otra reportada muy cerca del estado (*Micrurus tener*).

Las serpientes de cascabel (figura 1) poseen un tipo de veneno que destruye los tejidos; lo almacenan en las grandes glándulas de veneno que se encuentran en la parte posterior de los ojos. El veneno es conducido hacia los colmillos grandes, completamente tubulares y altamente móviles, una dentición conocida como solenoglifa.

Por su parte, las serpientes de coralillo (figura 2) se caracterizan por poseer una coloración en anillos muy llamativa y un veneno predominantemente neurotóxico, el cual es almacenado en glándulas más pequeñas que las de las serpientes de cascabel y que inyectan a sus presas por medio



Figura 1. Serpiente de cascabel (*Crotalus scutulatus*). Foto: Jesús Sigala Rodríguez.

Avila-H., L., C.E. Esparza-Estrada y J.J. Sigala-Rodríguez 2020. Serpientes venenosas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 246-248.

de colmillos pequeños y fijos en la parte anterior de la boca; esta dentición es llamada proteroglifa (Sigala Rodríguez y Vázquez Díaz 1996, Vázquez Díaz y Quintero Díaz 2005).

Distribución de las serpientes venenosas

A continuación se menciona la distribución general de las 10 especies de serpientes venenosas en la entidad.

Serpientes de cascabel (familia Viperidae)

- *Crotalus aquilus*. Se puede encontrar en la porción sureste del estado en colindancia con San Luis Potosí y Jalisco, y en la porción sur con Aguascalientes y Jalisco.

- *Crotalus atrox*. Está en toda la mitad norte.

- *Crotalus basiliscus*. McCranie (1981) predecía su presencia en la cuenca del río Atengo, al suroeste de Valparaíso, y los pobladores locales han descrito ejemplares similares en los municipios de Mezquital del Oro y Trinidad García de la Cadena, en donde fue encontrada por Ahumada-Carrillo y colaboradores (2011).

- *Crotalus lepidus*. Se distribuye en casi todo el estado excepto en los extremos sur y sureste.

- *Crotalus molossus*. Se puede encontrar en todo el estado.

- *Crotalus polystictus*. Está al suroeste, en las sierras del Laurel, de Morones, de Monte Escobedo, de Nochistlán y Fría.

- *Crotalus pricei*. Fue reportada en la sierra de Valparaíso y se ha encontrado en la sierra Fría, cerca de la frontera con Aguascalientes.

- *Crotalus scutulatus*. Se encuentra en la mayor parte del estado (figura 1).

- *Crotalus willardi*. En las cercanías de Sombrerete y en la sierra de Valparaíso.

Serpientes coralillo (familia Elapidae)

- *Micrurus distans*. Habita la parte sureste (Ahumada Carrillo y Vázquez Huizar 2012).

Existen especies que no han sido encontradas en la entidad, pero que probablemente son parte de la fauna de serpientes venenosas del estado, como es el caso de la serpiente coralillo *Micrurus tener* (figura 2), que ha sido reportada muy cerca del extremo sureste. Todas las especies de



Figura 2. Coralillo (*Micrurus tener*) en el estado de Guanajuato. Foto: Jesús Sigala Rodríguez.

Cuadro 1. Listado de las serpientes venenosas.

Especie	Nombre común	NOM-059	UICN	Distribución
<i>Crotalus aquilus</i>	Víbora de cascabel	Pr	LC	E
<i>C. atrox</i>	Víbora de cascabel	Pr	LC	NE
<i>C. basiliscus</i>	Víbora de cascabel	Pr	LC	E
<i>C. molossus</i>	Víbora de cascabel café, amarilla o de cola negra	Pr	LC	NE
<i>C. polystictus</i>	Víbora de cascabel, víbora godorniz o codorniz	Pr	LC	E
<i>C. scutulatus</i>	Víbora de cascabel serrana	Pr	LC	NE
<i>C. pricei</i>	Víbora de cascabel	Pr	LC	NE
<i>C. willardi</i>	Víbora de cascabel	Pr	LC	NE
<i>C. lepidus</i>	Víbora de cascabel verde	Pr	LC	NE
<i>Micrurus distans</i>	Serpiente coralillo	Pr	LC	E
<i>M. tener</i>	Serpiente coralillo	-	LC	NE

Pr: sujeta a protección especial; LC: preocupación menor; E: endémica; NE: no endémica.

Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2010, UICN 2011.

serpientes venenosas de Zacatecas se encuentran sujetas a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010; sin embargo, no existen estudios poblacionales locales que den sustento a este nivel de protección en la entidad (cuadro 1).

En el estado las serpientes de cascabel son consumidas para la elaboración de remedios (véase “Usos y mitos sobre anfibios y reptiles” en esta misma obra) y son sacrificadas con frecuencia por

los pobladores y comúnmente encontradas atropelladas en las carreteras. En vista de tales consideraciones sería conveniente iniciar estudios de monitoreo, de salud de poblaciones, entre otros, para identificar necesidades, estrategias de conservación y de uso sostenible, así como de educación para hacer conciencia sobre la importancia que tienen estos organismos en los ecosistemas y eliminar falsas creencias sobre ellas.

Referencias

- Ahumada-Carrillo, I.T. y O. Vázquez-Huizar. 2012. *Micrurus distans* (west mexican coral snake). Geographic distribution. *Herpetological Review* 43(1):106.
- Ahumada-Carrillo, I.T., O. Vázquez-Huizar, J. Vázquez-Díaz y U.O. García-Vázquez. 2011. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Zacatecas, México. *Herpetological Review* 42(3):397-398.
- Campbell, J.A. y W.W. Lamar. 1989. *The venomous reptiles of Latin America*. Comstock Publishing Associates, Ithaca.
- . 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*. Cornell University Press, Ithaca.
- Flores Villela, O.A. y U.O. García Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- McCranie, J.R. 1981. *Crotalus basiliscus*, catalogue of american amphibians and reptiles. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles* 283:1-2.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre del 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Sigala Rodríguez, J.J. y J. Vázquez Díaz. 1996. *Serpientes venenosas de Aguascalientes. Cuaderno de trabajo de la Coordinación de Asesores del C. Gobernador de Aguascalientes. Núm 56*. Aguascalientes.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. *The iucn red list of threatened species. Versión 2010.4*. En: <<http://www.iucnredlist.org>>, última consulta: junio de 2011.
- Vázquez Díaz, J. y G.E. Quintero Díaz. 2005. *Anfibios y reptiles de Aguascalientes*. CIEMA/Gobierno del Estado de Aguascalientes/CONABIO, México.

Herpetofauna del municipio de Atolinga

Iván Trinidad Ahumada Carrillo • Uri Omar García Vázquez

El municipio de Atolinga forma parte de la Sierra Madre Occidental, tiene una extensión territorial de 280 km² y se ubica al sur de Zacatecas en los 21° 44' de latitud N y 103° 28' de longitud O. Presenta altitudes que van desde los 2 000 a los 2 250 msnm. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), tiene una precipitación media anual de 700 mm, una temperatura media anual de 16°C (Gobierno del Estado 2009) y presenta cuatro tipos de vegetación: acuática y subacuática, bosque de encino-pino y bosque de encino y zacatal (Rzedowski 1978).

La herpetofauna del municipio de Atolinga está representada por 10 especies de anfibios y 25 de reptiles, que se distribuyen en tres órdenes, 15 familias y 23 géneros (cuadro 1, apéndices 17 y 18) y que equivalen a 25.9% de la herpetofauna registrada en Zacatecas. La clase Amphibia está representada solo por el orden Anura, dividido en seis familias y 10 especies, que representan 28.6% de la herpetofauna de Atolinga. La clase Reptilia está representada por dos órdenes y se encuentra repartida en nueve familias, 16 géneros y 25 especies, que equivalen a 71.4% de los registros. Esto se considera un número alto de especies, más cuando se trata de uno de los municipios más pequeños del estado (0.38% de la superficie total del estado; Gobierno del Estado 2009).

Cuadro 1. Composición de los anfibios y reptiles de Atolinga.

Orden	Familias	Géneros	Especies
Anura	6	7	10
Squamata	8	15	24
Testudines	1	1	1
Total	15	23	35

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la distribución por tipos de vegetación, el bosque de encino es el que tiene mayor riqueza (29 especies), probablemente debido a que es el mejor conservado y el segundo en extensión dentro del municipio, además de que la topografía donde se desarrolla es muy variada. El zacatal es el segundo en riqueza (25 especies), seguido del bosque de encino-pino y la vegetación acuática y subacuática con 18 y nueve especies, respectivamente.

Dieciséis de las especies se encuentran bajo alguna categoría de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010. De estas, el grupo de las serpientes es el que presenta mayor número de especies (cuatro amenazadas y cinco sujetas a protección especial), ya que son cazadas indiscriminadamente por considerárseles venenosas. Por ejemplo, a *Salvadora bairdi* (figura 1) y *Lampropeltis mexicana* (figura 2), o a las serpientes de cascabel *Crotalus lepidus*, *C. molossus* y *C. polystictus* (figura 3), se les caza por su piel y por la falsa creencia de poseer propiedades curativas (Campbell y Lamar 2004). La culebra de agua de panza negra (*Thamnophis melanogaster*; figura 4) se encuentra catalogada



Figura 1. Culebra de la especie *Salvadora bairdi*. Foto: Iván Ahumada Carrillo.

Ahumada-Carrillo, I.T. y U.O. García-Vázquez. 2020. Herpetofauna del municipio de Atolinga. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 249-251.



Figura 2. Serpiente falsa coralillo (*Lampropeltis mexicana*). Foto: Iván Ahumada Carrillo.

como especie en peligro (EN) en la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), mientras que el resto de las especies se encuentran bajo la categoría de preocupación menor (LC; apéndice 18).

De las especies registradas en el municipio, 65.7% (23 especies) son endémicas de México, lo que representa 2.8% de la herpetofauna endémica al país (Flores Villela y García Vázquez 2014), esto significa que el área de estudio es importante por el número de especies y por su elevado porcentaje de endemismos.

Esta gran diversidad de herpetofauna se debe en parte a la posición geográfica del municipio, ya que cuenta con gran variedad de hábitats. Esto se puede explicar porque el área de estudio tiene la influencia de tres regiones biogeográficas: la Sierra Madre Occidental, el Altiplano sur y el Eje Neovolcánico, lo que crea una composición de biotas con distintas historias biogeográficas (McCranie y

Wilson 1987). Lo anterior, combinado con la accidentada topografía y las variaciones climáticas, da como resultado un mosaico de condiciones ambientales y microambientales, y por ende una gran diversidad de especies (McCranie y Wilson 1987, Flores Villela y Gerez 1994).

Los anfibios y reptiles desempeñan un papel fundamental en las redes tróficas, ya sea como presas o depredadores de distintos organismos.



Figura 3. Víbora de cascabel verde (*Crotalus lepidus*). Foto: Iván Ahumada Carrillo.



Figura 4. Culebra de agua (*Thamnophis melanogaster*). Foto: Iván Ahumada Carrillo.

Algunas especies se usan como alimento, en la industria peletera, como producto de investigación en el área científica, o bien, en el caso de ciertos grupos, como indicadores de la calidad del ambiente. Sin embargo, la sobreexplotación de los recursos naturales y la disminución de la cobertura vegetal influyen de manera negativa sobre la biodiversidad, sobre todo en grupos diversos y con alto grado de endemismo, como es el caso de los anfibios y reptiles.

Referencias

- Campbell, J.A. y W.W. Lamar. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*. Cornell University Press, Ithaca.
- Flores Villela, O. y U.O. García Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- Flores Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México; vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO/UNAM, México.
- Gobierno del Estado. 2009. *Municipios: medio físico*. En: <<http://www.zacatecas.gob.mx/municipios.php>>, última consulta: 22 de junio de 2009.
- McCranie, J.R. y L.D. Wilson. 1987. The biogeography of the herpetofauna of the pine-oak woodlands of the Sierra Madre Occidental of México. *Milwaukee Public Museum* 72:1-26.
- Rzedowski, 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. Texto vigente.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. *The IUCN red list of threatened species*. En: <<http://www.iucnredlist.org/>>, última consulta: 28 de junio de 2017.

Aves

Adolfo Gerardo Navarro Sigüenza • Erick Alejandro García Trejo • Germán Hernández Alonso
Andrew Townsend Peterson • Noé Pérez Valadez • Octavio Rafael Rojas Soto

Las aves han estado en contacto con el ser humano de variadas formas; de hecho, se cuentan entre los pocos animales silvestres que comparten nuestras actividades cotidianas. Entre sus principales características están sus coloridos plumajes, sus llamativos cantos y su capacidad de volar. Su importancia en los ecosistemas, la diversidad de sus formas, su interesante conducta, el misterio de su migración y, sobre todo, la facilidad con que son observadas, las hacen un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas.

Su presencia está estrechamente relacionada con la condición de los hábitats, ya que muchas son sensibles a cambios mínimos. La cacería, la tala de los bosques, los efectos de los contaminantes y la falta de conciencia del ser humano al introducir fauna exótica nociva en diferentes regiones del planeta, pero en particular en las islas, ha llevado a muchas especies a extinguirse o estar al borde de la desaparición (Gaston *et al.* 2003, Gaston y Fuller 2007).

México alberga alrededor de 1 120 especies de aves (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), que representan más de 10% de la avifauna mundial y lo sitúan entre los 11 países con mayor riqueza de aves. El conocimiento que se tiene de este grupo en México data de la época prehispánica, pero ha incrementado desde la segunda mitad del siglo xx gracias a los estudios avifaunísticos locales. Sin embargo, aún existen huecos en dicho conocimiento (Rodríguez-Yáñez *et al.* 1994), como la falta de inventarios en las diferentes regiones del país, a pesar de que constituyen una herramienta básica para la toma de decisiones en materia de aprovechamiento sustentable y conservación de la naturaleza (García-Trejo y

Navarro-Sigüenza 2004, Rojas-Soto y Oliveras de Ita 2005, Navarro-Sigüenza *et al.* 2011).

Zacatecas es considerado uno de los estados con menor diversidad de vertebrados en el país (Flores Villela y Gerez 1994, Navarro-Sigüenza y Sánchez-González 2003, Navarro-Sigüenza *et al.* 2014), a pesar de que es el décimo estado en extensión territorial dentro de México; además, los estudios sobre su avifauna son escasos y los pocos que existen están caracterizados por una falta de continuidad, lo que también ocurre en otras regiones del país.

Estudios realizados

El estudio de la avifauna estatal inició con algunas colectas realizadas por Wollweber (Webster 1968). Posteriormente, Salvin y Godman (1879-1904) mencionaron algunas especies de la región obtenidas por W. B. Richardson, las cuales fueron estudiadas posteriormente por Webster (1973, 1984). Goldman (1951) se refirió a algunas localidades del estado durante sus investigaciones biológicas en México entre 1893 y 1902. En la década de los cincuenta, Friedmann *et al.* (1950) y Miller *et al.* (1957) resumieron la diversidad general de las aves de México y, por lo tanto, lo que a la fecha se conocía sobre las aves de Zacatecas. Entre 1950-1960 J. Dan Webster desarrolló el trabajo ornitológico de campo más intensivo hecho en el estado hasta entonces con el apoyo de la Academia de Ciencias de California (Webster y Orr 1952, 1954, Webster 1958, 1959, 1968).

En años recientes se han realizado pocos estudios de inventario (p.e. Evenden 1952). Algunos de estos trabajos han estado enfocados al estudio de especies en riesgo global dentro del

Navarro-Sigüenza, A.G., E.A. García-Trejo, G. Hernández-Alonso, A.T. Peterson, N. Pérez-Valadez y O. Rojas-Soto. 2020. Aves. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 252-269.

estado (Hubbard 1977, Lanning *et al.* 1990, Wege *et al.* 1993, Lammertink *et al.* 1997, Bravo-Vinaja *et al.* 2005, Barrowclough *et al.* 2006, López-Saut *et al.* 2011), a las especies de ornato (Mellink *et al.* 1988), o a diversos aspectos ecológicos y evolutivos de las aves que tienen a Zacatecas como parte de un área de trabajo más amplia (p.e. Baker 1962, Brown *et al.* 1997, Bhagabati *et al.* 2004, Riddle y Hafner 2006, Askins *et al.* 2007, Delaney *et al.* 2008). Sin embargo, es urgente continuar con los trabajos detallados de distribución, ya que son los que mantendrán actualizado el conocimiento biológico y permitirán profundizar en los procesos evolutivos, biogeográficos y ecológicos de las especies de aves del estado. Asimismo, dada la actividad humana y la modificación del ambiente (como el cambio del uso de suelo, la actividad económica y cambios en las políticas locales de desarrollo), esto permitirá proponer estrategias para su conservación a nivel local. En este sentido, el presente trabajo representa el compendio más actualizado sobre el conocimiento de la diversidad, distribución y situación de las aves de Zacatecas.

Obtención de la información

Para la elaboración del presente trabajo se consultó como fuente principal la base de datos del "Atlas de las aves de México" (Navarro-Sigüenza *et al.* 2003), la cual contiene los registros de especímenes de aves mexicanas depositados en colecciones de más de 40 museos e instituciones científicas de México y el extranjero. También se obtuvieron registros de diversas fuentes bibliográficas y publicaciones especializadas, al igual que de bases de datos existentes en internet (CONABIO 2012). Finalmente, y como una tercera fuente de información, se usaron los datos obtenidos del trabajo de campo en el territorio zacatecano, realizado desde 1998 a la fecha, por personal del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, la Universidad de Guadalajara y la Universidad de Kansas. El arreglo taxonómico sigue la propuesta de la American Ornithologists' Union,

así como las actualizaciones y cambios sugeridos por ellos (AOU 1998 y adendas hasta el 2012).

Las categorías de endemismos fueron asignadas de acuerdo con González-García y Gómez de Silva (2003), y se reconocen tres distintas para México (cuadro 1, apéndices 19 y 20).

Una porción importante de la avifauna del estado se compone de especies migratorias estacionales, por lo que se les encuentra únicamente durante alguna época del año. De esta manera, las diferentes especies fueron organizadas en seis grupos de acuerdo con su presencia estacional (con base en Howell y Webb 1995; cuadro 1, apéndices 19 y 20).

En cuanto a los criterios de amenaza y protección de las especies se consideraron las categorías de riesgo de la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y a nivel internacional los apéndices del Convenio para el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Flora y Fauna (CITES 2010), así como los criterios de la Lista Roja de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2011).

Riqueza de especies

La avifauna de Zacatecas está compuesta por un total de 353 especies con registros confirmados, agrupadas en 20 órdenes y 63 familias (figuras 1 y 2, apéndice 19). El total de especies representa aproximadamente 31% de la avifauna nacional. Adicionalmente existen 45 especies cuya presencia es probable, es decir que no se cuenta con datos de localización geográfica precisa en el estado, o que necesitan ser corroborados con especímenes alojados en alguna colección científica (apéndice 20). El orden más diverso es el de los Passeriformes (aves de percha) con 186 especies, seguido por los Charadriiformes (gaviotas y playeros) con 31 especies (figura 1). Por su parte, las familias con mayor riqueza son: Tyrannidae (mosqueros, 29 especies) y Emberizidae (gorriones, 27 especies), seguidas de Parulidae (23 especies), Scolopacidae (playeros) y Anatidae (patos y gansos) con 17 especies cada una (figura 2).

Cuadro 1. Categorías de endemismo y estacionalidad.

Abreviatura	Categoría	Descripción
Endemismo		
E	Endémica	Especies que están restringidas a las fronteras políticas del país
Q	Cuasiendémica	Especies que están principalmente restringidas a las fronteras políticas del país, pero que penetran ligeramente en algún país vecino debido a la continuidad de los hábitats o de sistemas montañosos
S	Semiendémica	Especies endémicas del país únicamente durante alguna época del año (p.e. el invierno o el verano)
Estacionalidad		
RP	Residente permanente	Se encuentra todo el año y se reproduce en Zacatecas
MI	Migratoria de invierno	Se encuentra en el estado solo en la temporada invernal
MV	Migratoria de verano	Se encuentra en el estado solo en la época de reproducción (verano normalmente)
T	Transitoria	Se encuentra en la entidad en tránsito o en ruta a sus sitios de invierno o de reproducción
A	Accidental	Se ha registrado ocasionalmente en el estado debido a causas extraordinarias
RI	Residente introducido	Su distribución original no incluye México, o no es una especie nativa de la entidad o su presencia en el estado se debe a la introducción artificial por el ser humano o por expansión de su área de distribución

Fuente: elaboración con base en Howell y Webb 1995, González-García y Gómez de Silva 2003.

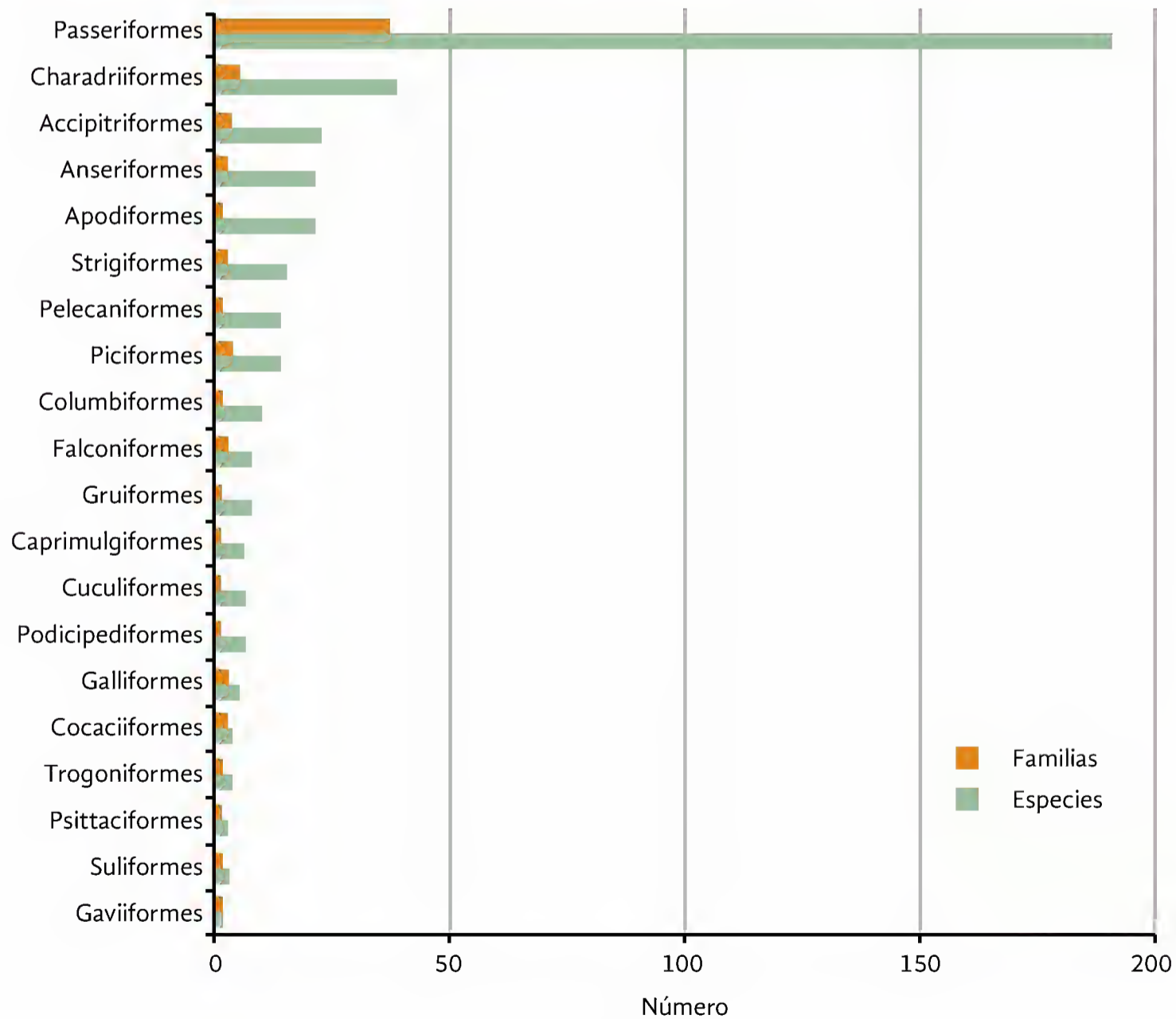


Figura 1. Número de familias y especies por orden. Fuente: Navarro-Sigüenza *et al.* 2003.

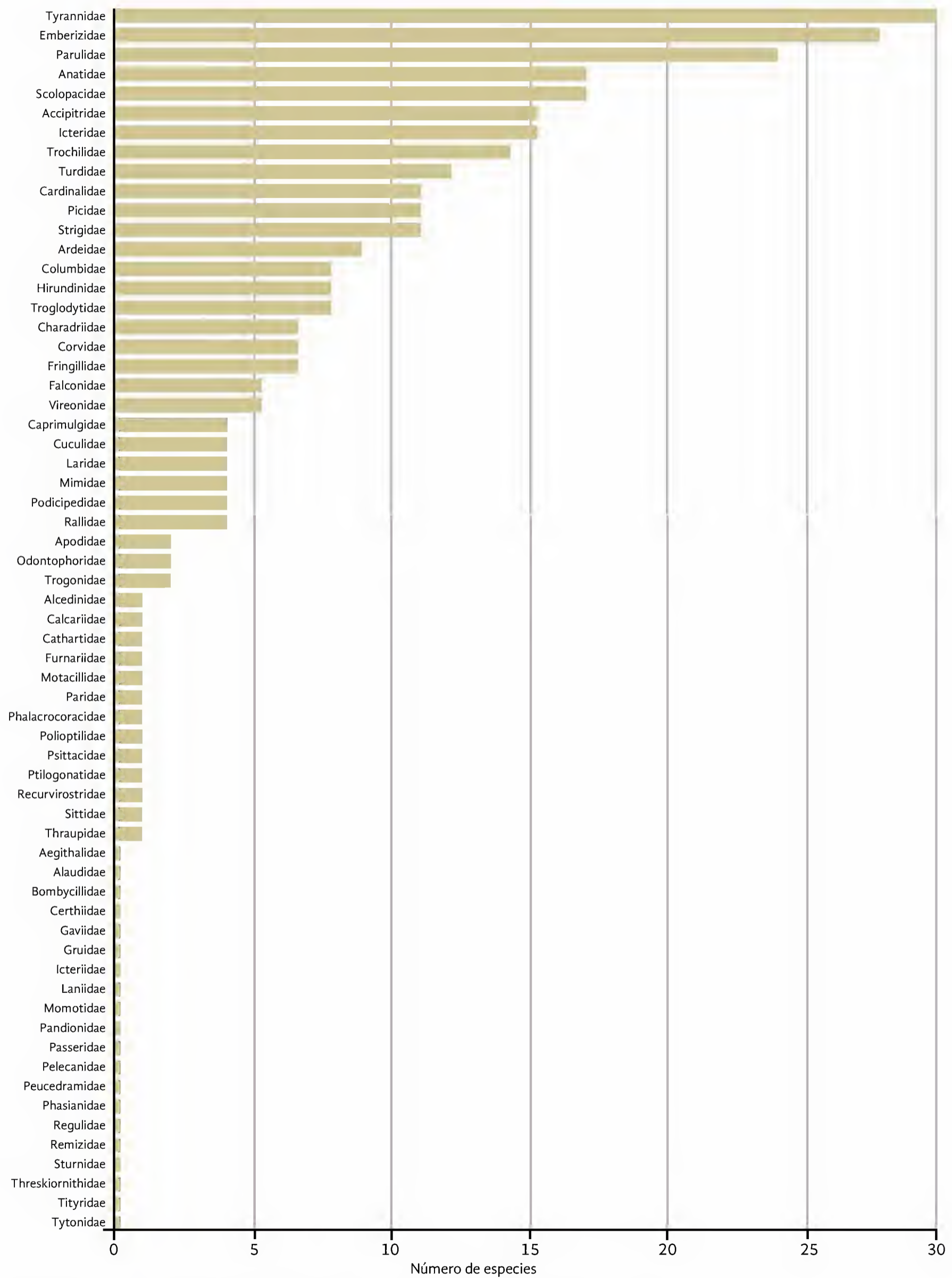


Figura 2. Riqueza de especies por familia. Fuente: Navarro-Sigüenza *et al.* 2003.

Como la composición de la avifauna en una determinada región depende en gran medida de la presencia estacional de las especies, y debido a que una buena parte de la avifauna de Zacatecas es migratoria, hay temporadas en que la riqueza es mayor porque se conjuntan las especies residentes y las migratorias. Es importante notar que 75 especies (21%) presentan poblaciones con más de una categoría estacional en el estado; por ejemplo, el gavilán pecho rufo (*Accipiter striatus*) y la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*; figura 3) tienen poblaciones en el norte del estado consideradas como migratorias de invierno (MI) y al oeste de la entidad tienen poblaciones consideradas como residentes permanentes (RP; apéndice 19). Por esta razón la suma del total de especies de cada categoría no concuerda con el total de especies reportado al inicio de esta sección. De esta forma, con respecto al estatus estacional de la avifauna (figura 4), se registraron 197 especies residentes permanentes (figura 5), lo que representa 55.8%



Figura 3. La aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) es una especie considerada como residente permanente y migratoria de invierno. Foto: Noé Pérez Valadez.

del total de la riqueza estatal; 130 especies (36%) son migratorias de invierno, 26 (7%) son migratorias de verano (figura 6), 37 (10%) son transitorias (T), nueve especies (2.5%) pertenecen a la categoría de accidentales (A) y cinco especies (1%) fueron consideradas como residentes introducidas (RI).

Un total de 55 especies se encuentran en algún nivel de endemismo, lo que representa 16% de la riqueza estatal (figura 7). De estas, 16 son endémicas a México (figura 8) y, aunque ninguna es endémica del estado, algunas destacan por ser endémicas a la región del Altiplano (p.e. el gorrión de Worthen, *Spizella wortheni*), aunque en su mayoría son endémicas a las tierras bajas y montañas del oeste de México (p.e. la urraca hermosa cara negra *Calocitta colliei*, o el quetzal orejón *Euptilotis neoxenus*).

Estado de conservación

De las especies registradas, 71 se encuentran incluidas en alguna categoría de amenaza o protección según la NOM-059 (SEMARNAT 2010), CITES y la Lista Roja de la UICN, lo que representa 20% de la avifauna estatal (figura 9). Esto significa que un elevado número de especies necesita de acciones eficaces para su conservación y uso sustentable. Es importante aclarar que cada lista incluye a diferentes especies: 21 especies están incluidas en dos listas, solamente tres especies aparecen en todas las listas (NOM-059, CITES y UICN) y 47 están consideradas en alguna de las tres (apéndices 19 y 20).

De acuerdo con la legislación mexicana (SEMARNAT 2010), 38 especies (10.7%) se encuentran en alguna categoría de riesgo, de las cuales 21 están consideradas bajo la categoría sujeta a protección especial (Pr), que incluye a las que enfrentan la menor amenaza. Existen 17 especies de mayor preocupación en las categorías de amenazada (A), en peligro de extinción (P) y probablemente extinta en el medio silvestre (E), como el águila real (*Aquila chrysaetos*), el halcón fajado (*Falco femoralis*) y el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), que requieren de urgentes medidas de

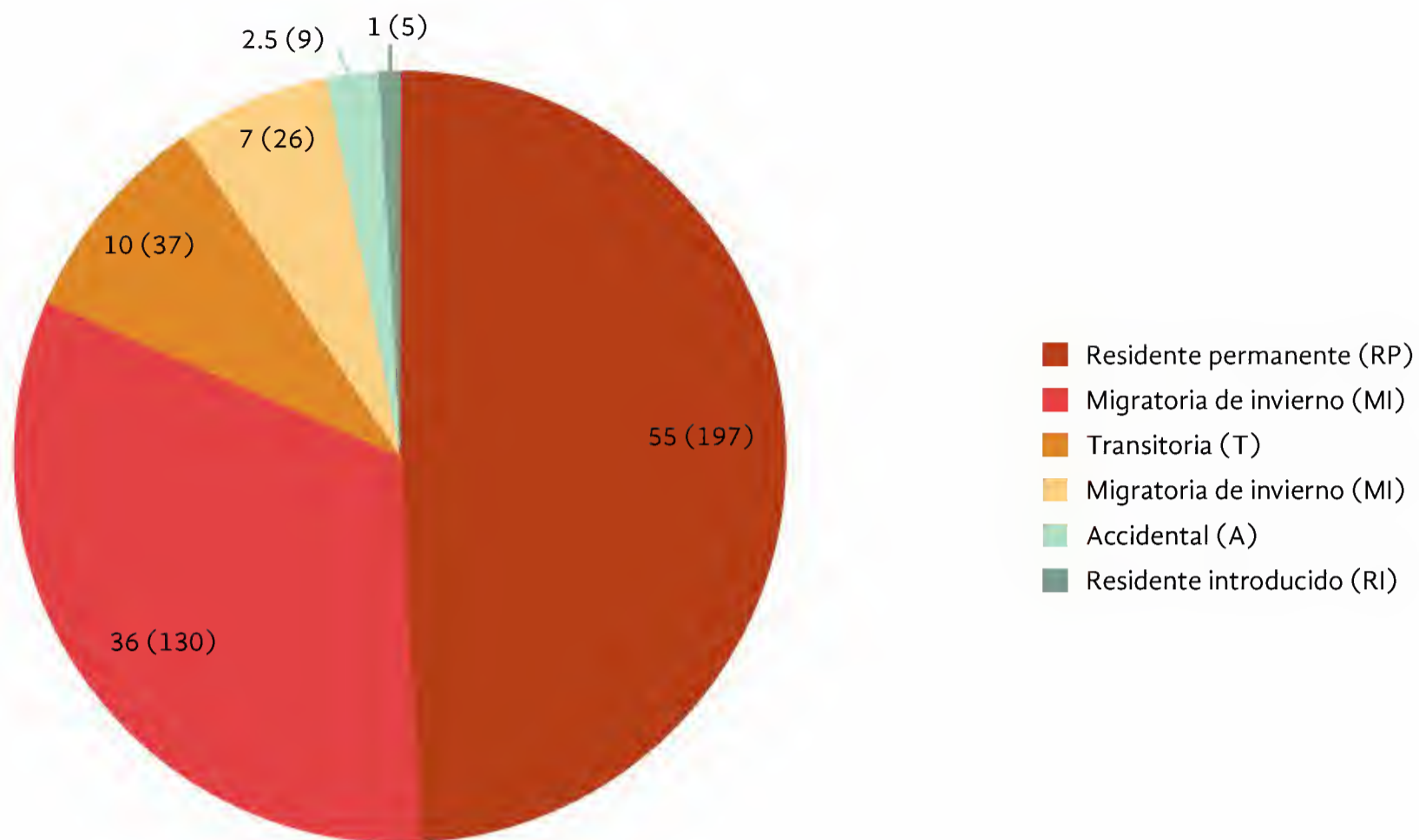


Figura 4. Composición porcentual de la avifauna por categoría estacional. Se presenta el porcentaje del total y en paréntesis el número de especies; algunas especies presentan poblaciones que abarcan más de una categoría. Fuente: elaboración con base en Howell y Webb 1995.

protección, en particular debido a su mayor susceptibilidad a la extinción (apéndice 19).

Bajo las categorías de la UICN (2011) hay 11 especies (3% del total), de las cuales seis están bajo amenaza (NT), tres se consideran vulnerables (VU), una en peligro (EN) y una críticamente amenazada (CR). Mientras que para la CITES hay 53 especies enlistadas (15% del total): cuatro en el Apéndice I, el cual incluye a aquellas en peligro de extinción y cuyo comercio solo es permitido en casos excepcionales, y 49 (principalmente aves de presa diurnas y nocturnas, y colibríes) en el Apéndice II, el cual refiere a las que no necesariamente se encuentran amenazadas con la extinción, pero que podrían estarlo si su comercio y aprovechamiento no se regula de manera estricta (apéndice 19). A la fecha, de la avifauna zacatecana se han extirpado por completo las poblaciones del carpintero imperial (*Campephilus imperialis*), especie probablemente extinta, para la cual se han hecho esfuerzos recientes de búsqueda que han sido infructuosos (Lammertink *et al.* 1997).

Entre la avifauna del estado se registran cinco especies exóticas o residentes introducidas (figura 4), que en la actualidad representan poblaciones reproductoras: la garza chapulinera (*Bubulcus ibis*), la paloma doméstica (*Columba livia*), el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*), la paloma de collar (*Streptopelia decaocto*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*). La mayor parte de estas especies fue introducida por las personas, mientras que el caso de la garza chapulinera es único, ya que esta especie colonizó de manera natural el norte de Sudamérica hacia 1870 y de allí se extendió al resto del continente (AOU 1998).

Distribución geográfica

Zacatecas se caracteriza por poseer una compleja orografía, diferentes regiones fisiográficas naturales, así como la combinación de una variedad de ambientes y climas que influyen para que la distribución espacial de las aves, al igual que en otras regiones del planeta, se concentre en determinadas áreas (Stattersfield *et al.* 1998).



Figura 5. Ejemplos de especies residentes permanentes: a) zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata*); b) codorniz escamosa (*Callipepla squamata*); c) zacatonero corona rayada (*Peucaea ruficauda*); d) toquí pinto (*Pipilo maculatus*); e) capulínero gris (*Ptiliogonys cinereus*); y f) trogón elegante (*Trogon elegans*). Fotos: Noé Pérez Valadez.

La figura 10 muestra que la distribución de las especies de aves en los diferentes tipos de vegetación descritos por Rzedowsky (1990) tiene patrones interesantes. El bosque de coníferas y encinos y el bosque tropical caducifolio son los tipos de vegetación más ricos con 212 y 204 especies respectivamente, mientras que el matorral xerófilo presenta la menor cantidad de especies (170) a pesar de que es la vegetación que cubre la mayor parte del estado.

Con base en la clasificación ecorregional del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF; Olson *et al.* 2001) se observó que en Zacatecas confluyen seis ecorregiones en las que las aves se distribuyen de la siguiente manera: 1) los bosques de pino encino de la Sierra Madre Oriental, 22 especies; 2) los bosques secos sinaloenses, 83 especies; 3) los bosques secos del Bajío, 113 especies; 4) los matorrales centrales, 192 especies; 5) los bosques

de pino-encino de la Sierra Madre Occidental, 217 especies; y 6) los matorrales de la Meseta Central, 217 especies (figura 11).

Por otro lado, se observó que la distribución de las localidades de registro no es homogénea, sino que se concentra en ciertas regiones, especialmente en las zonas áridas y montañas del centro y sur donde existen mejores vías de comunicación y una mayor variedad de hábitats. Por su parte, las grandes áreas de la zona del Altiplano y del Eje Neovolcánico están prácticamente inexploradas (figura 12).

Distribución potencial

Para llenar los huecos sobre el conocimiento de la distribución se elaboraron mapas de distribución potencial (Navarro-Sigüenza y Peterson 2007), para lo cual se utilizaron los registros puntuales y la información climática y topográfica de WorldClim (2012) mediante el Algoritmo Genético de

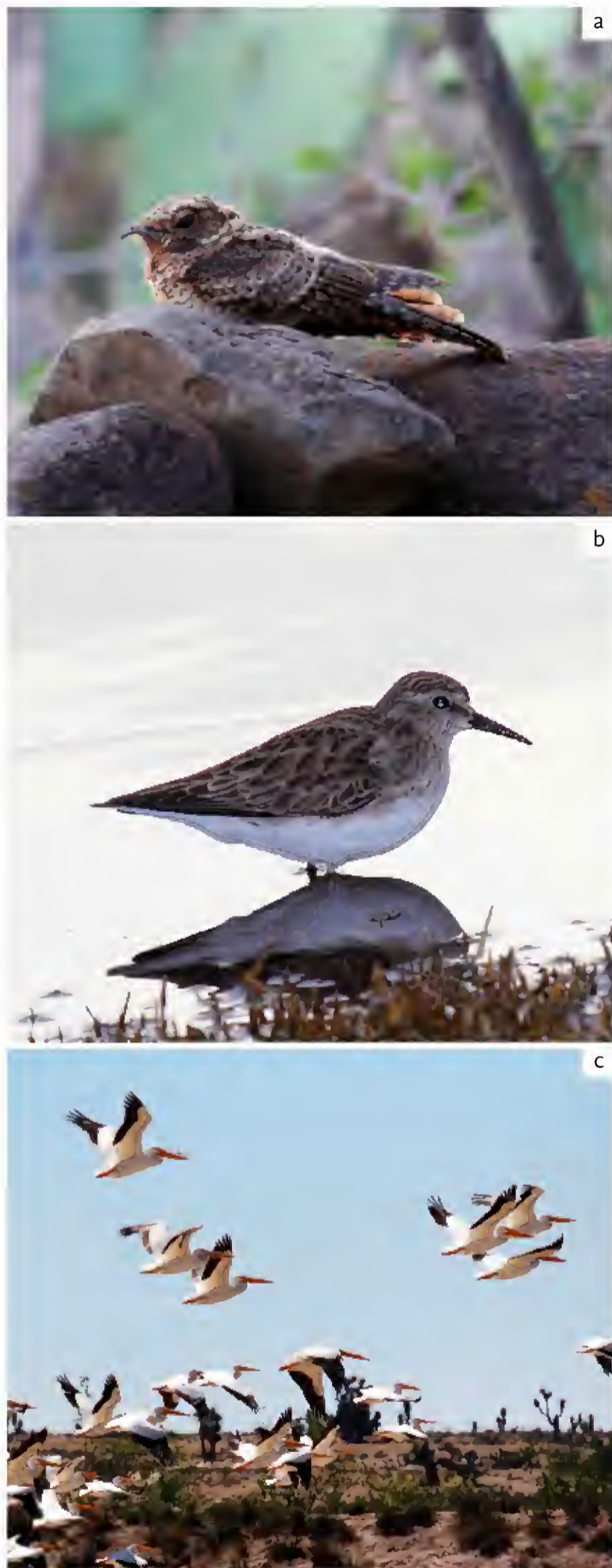


Figura 6. Especies migratorias de invierno y verano*: a) tapacamino tu-cuchillo (*Antrostomus ridgwayi*)*; b) playero chichicuilo (*Calidris minutilla*); y c) pelicano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*). Fotos: Noé Pérez Valadez.

Producción de Conjuntos de Reglas (GARP por sus siglas en inglés; Stockwell y Noble 1992), que es utilizado para determinar la probabilidad de ocurrencia en zonas en donde no se han registrado las especies. De acuerdo con este análisis se observa que la mayor concentración de especies de aves se encuentra en las regiones sur y oeste del estado (figura 13), que corresponden a las provincias de la Sierra Madre Occidental y la costa del Pacífico, respectivamente. La distribución de las especies endémicas (figura 14) y migratorias (figura 15) coincide con este patrón, lo que significa que en Zacatecas las zonas boscosas del oeste y sur concentran la mayor riqueza de especies de aves.

Amenazas y situación actual

En el estado, las aves, como otros grupos de vertebrados, se encuentran amenazados por el incremento de las actividades humanas relacionadas con el desarrollo económico y el crecimiento poblacional (Sánchez-Cordero *et al.* 2009). El cambio de uso de suelo y la deforestación son dos de los principales factores que amenazan a la biodiversidad; en este sentido se estima que a nivel nacional, en los últimos 30 años, se han perdido cerca de 50% de la cobertura de las selvas y bosques (Mas *et al.* 2004).

La superficie bajo protección en el estado es de 587 468 ha (véase “Áreas naturales protegidas” en esta misma obra), lo cual representa un bajísimo porcentaje de la superficie total de estado (menos de 8%), pues de acuerdo con estándares internacionales se sugiere contar con al menos 18% de la superficie total de una entidad para áreas dedicadas a la conservación de especies y ecosistemas (CBD 2012).

Contrario a la situación de las áreas naturales protegidas (ANP), en Zacatecas se incluyen total o parcialmente cinco áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA; Arizmendi y Márquez 2000): 1) Sierra de Órganos (en una versión que abarca un área mucho mayor que la decretada oficialmente) en los municipios de Sombrerete y Miguel Auza; 2) Sierra de Valparaíso, en

los municipios de Valparaíso, Fresnillo, Sombrerete y Saín Alto; 3) Sierra Fría, en los municipios de Genaro Codina y Villanueva; 4) Monte Escobedo, en el municipio del mismo nombre; y 5) una pequeña fracción de Pradera de Tokio, en el municipio de El Salvador. La ubicación de estos sitios refleja una mala planeación derivada del desconocimiento de la avifauna del estado, ya que no consideran las regiones del sur de la entidad, que tienen la más

alta diversidad y endemismo de aves (figuras 13, 14 y 15), y no incluyen otras regiones con buen estado de preservación de ecosistemas, como los alrededores de Nochistlán de Mejía, al sur del estado, donde se encuentran áreas con bosque tropical caducifolio y bosque de pino encino (véase “Aves de Nochistlán de Mejía y zonas aledañas: una región tropical” en esta misma obra). Así como tampoco un área de gran extensión, cubierta en su

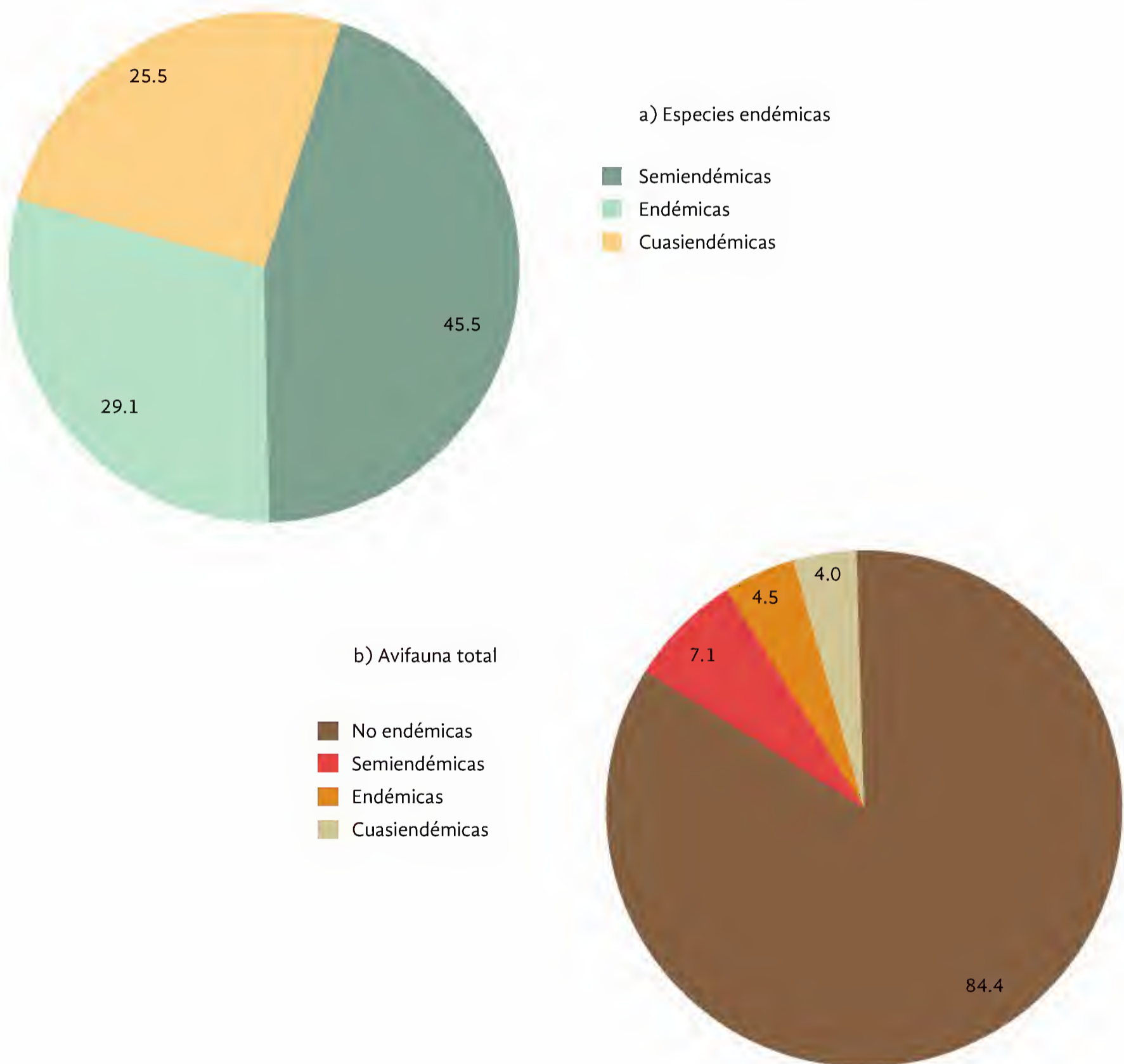


Figura 7. Endemismos. a) Proporción (en porcentaje) total de especies con algún nivel de endemismo; b) proporción (en porcentaje) de especies endémicas con respecto a la avifauna total. Fuente: elaboración con base en González-García y Gómez de Silva 2003.



Figura 8. Especies endémicas de México. a) Matraca serrana (*Campylorhynchus gularis*) y b) mulato azul (*Melanotis caerulescens*). Fotos: Noé Pérez Valadez.

mayor parte por matorral xerófilo y con un buen estado de conservación en la porción norte del estado, principalmente en la región de Mazapil, entre los municipios de Mazapil y General Francisco R. Murguía.

Conclusiones y recomendaciones

La información que hasta el momento se tiene de las aves de Zacatecas es un ejemplo de que el conocimiento del acervo biológico de la entidad está aún fragmentado. Por ello, es necesario realizar más estudios que permitan obtener datos recientes y completos de la diversidad de especies y los

patrones de distribución de la avifauna estatal, así como de los problemas y amenazas que enfrentan actualmente. Por lo anterior, es necesario desarrollar programas encaminados a la conservación y el uso sustentable de la avifauna. Si bien existen algunas áreas para la conservación en el estado, la realidad es que es necesario designar nuevas ANP que abarquen los sitios de alta riqueza biológica y endemismo ubicados al sur del estado, particularmente en el área comprendida entre las localidades de Nochistlán, Jalpa, Juchipila y Moyahua (municipio de Nochistlán de Mejía), que cubran los diferentes ambientes dentro del estado y que

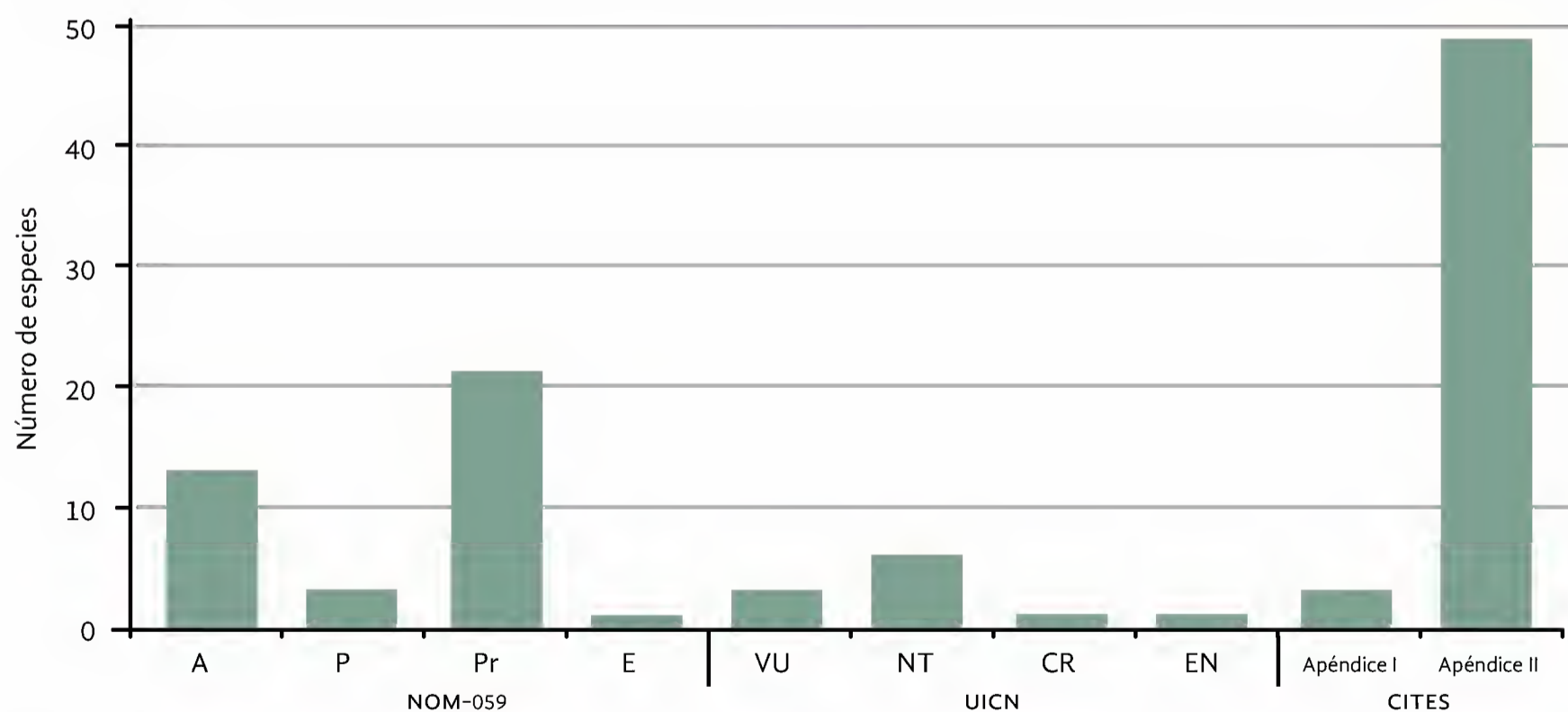


Figura 9. Número de especies en alguna categoría de riesgo. A: amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: sujeta a protección especial; E: probablemente extinta en el medio silvestre; VU: vulnerable; NT: casi amenazada; CR: en peligro crítico; EN: en peligro. Fuente: SEMARNAT 2010, CITES 2010, UICN 2011.

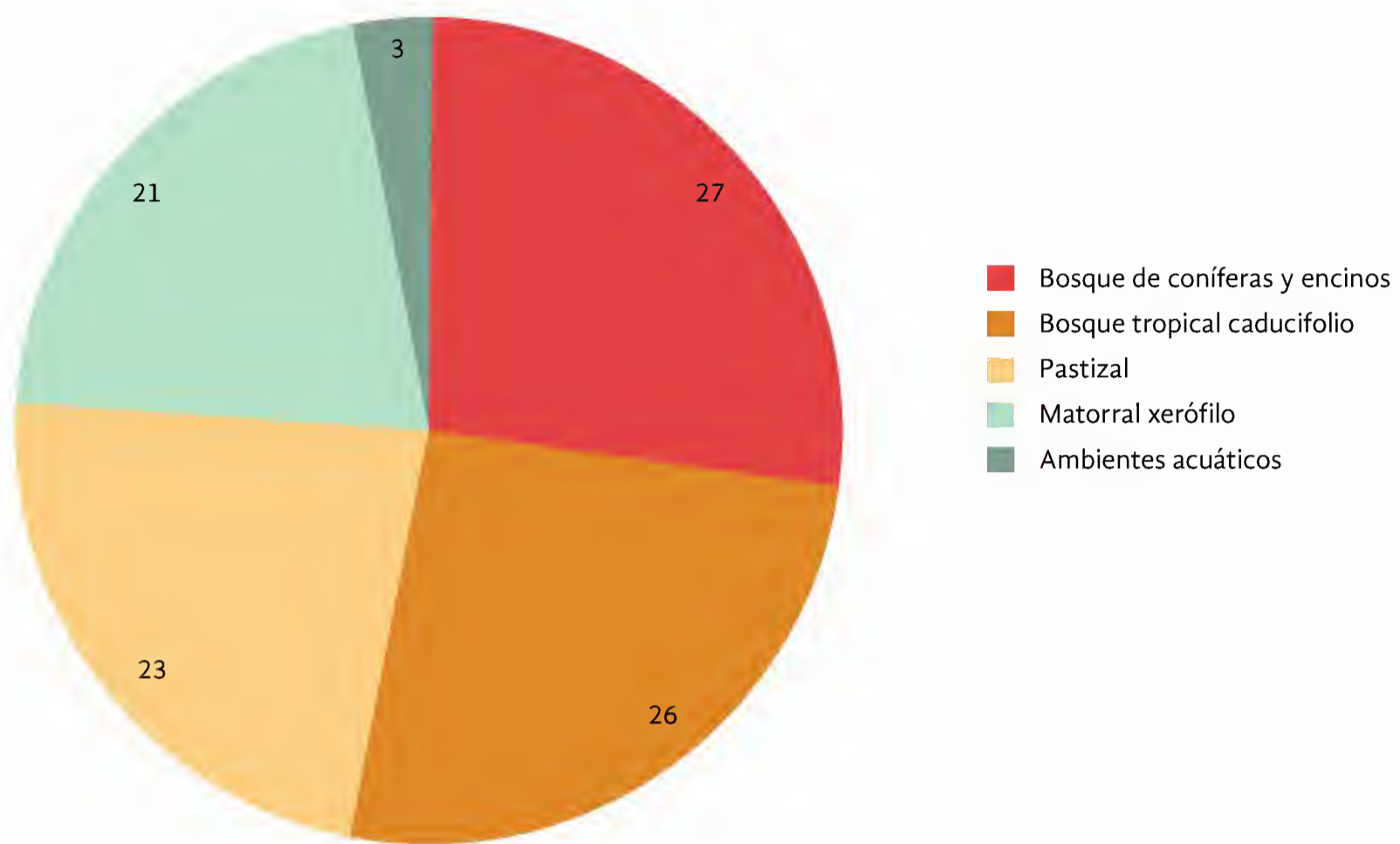


Figura 10. Riqueza total de especies de acuerdo con los tipos de vegetación. Fuente: elaboración con base en Rzedowsky 1990.

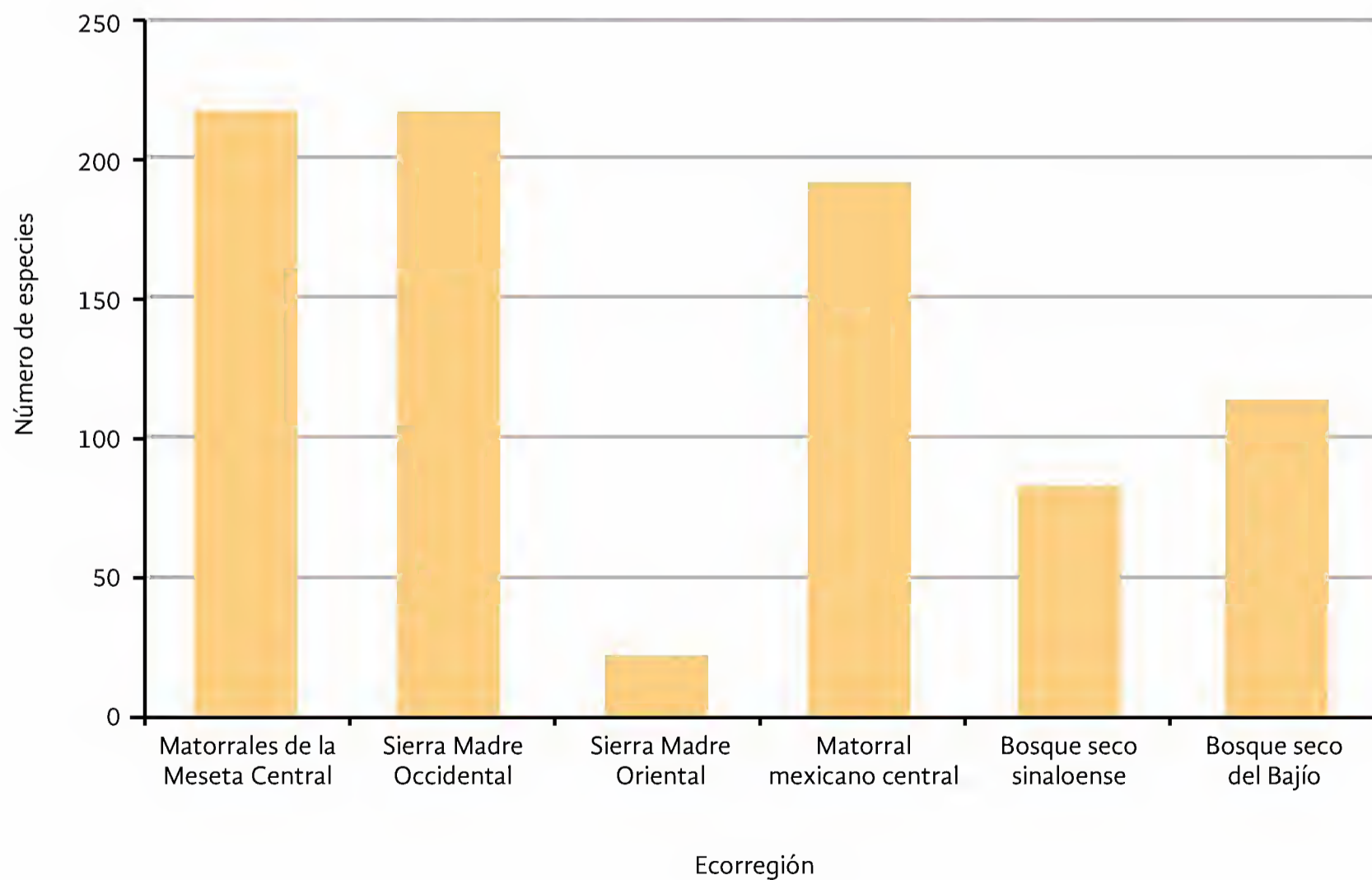


Figura 11. Riqueza total de especies en las ecorregiones de Zacatecas de acuerdo con la wwf. Fuente: Olson *et al.* 2001.

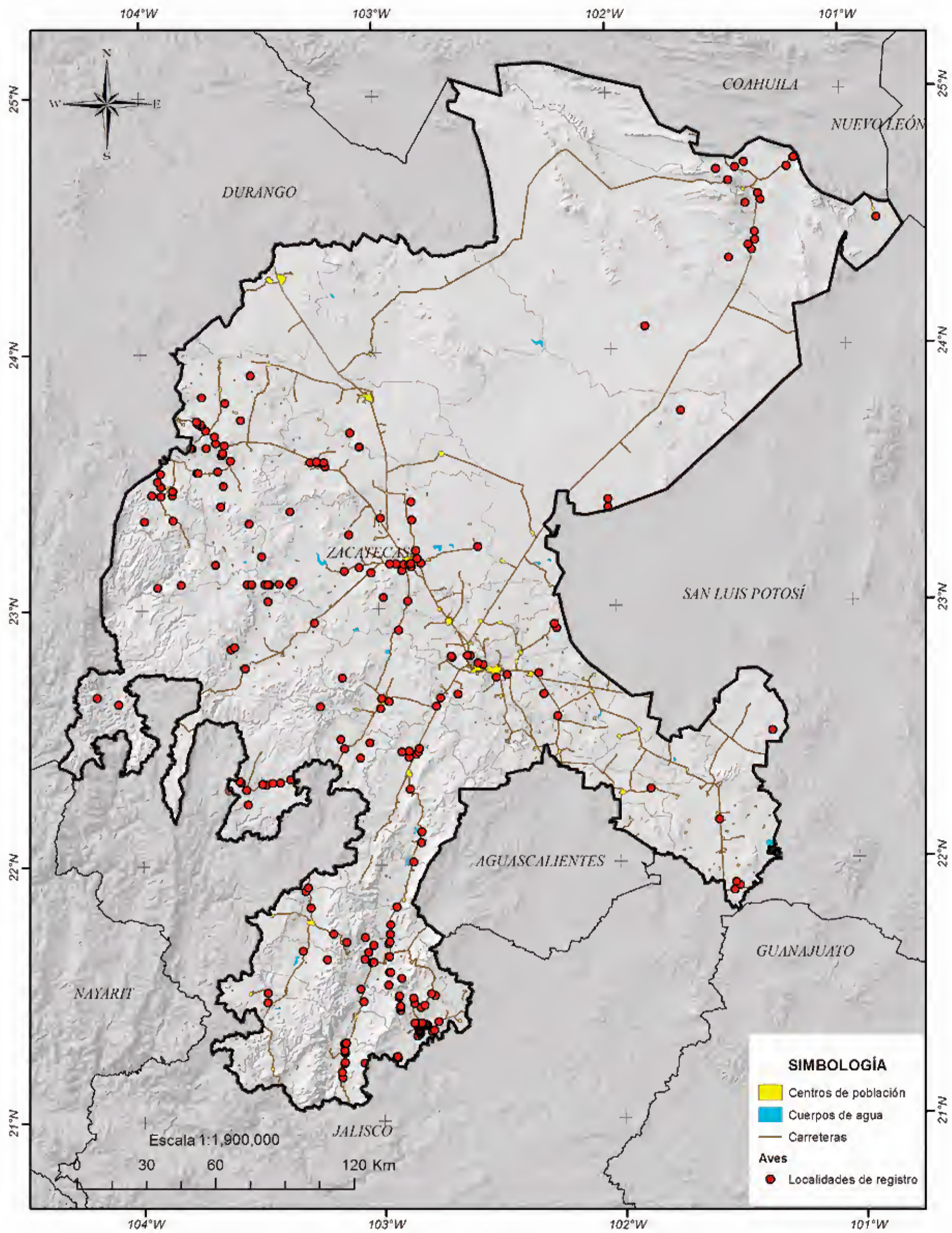


Figura 12. Localidades de registro superpuestas sobre el mapa de carreteras. Fuente: Navarro-Sigüenza *et al.* 2003.

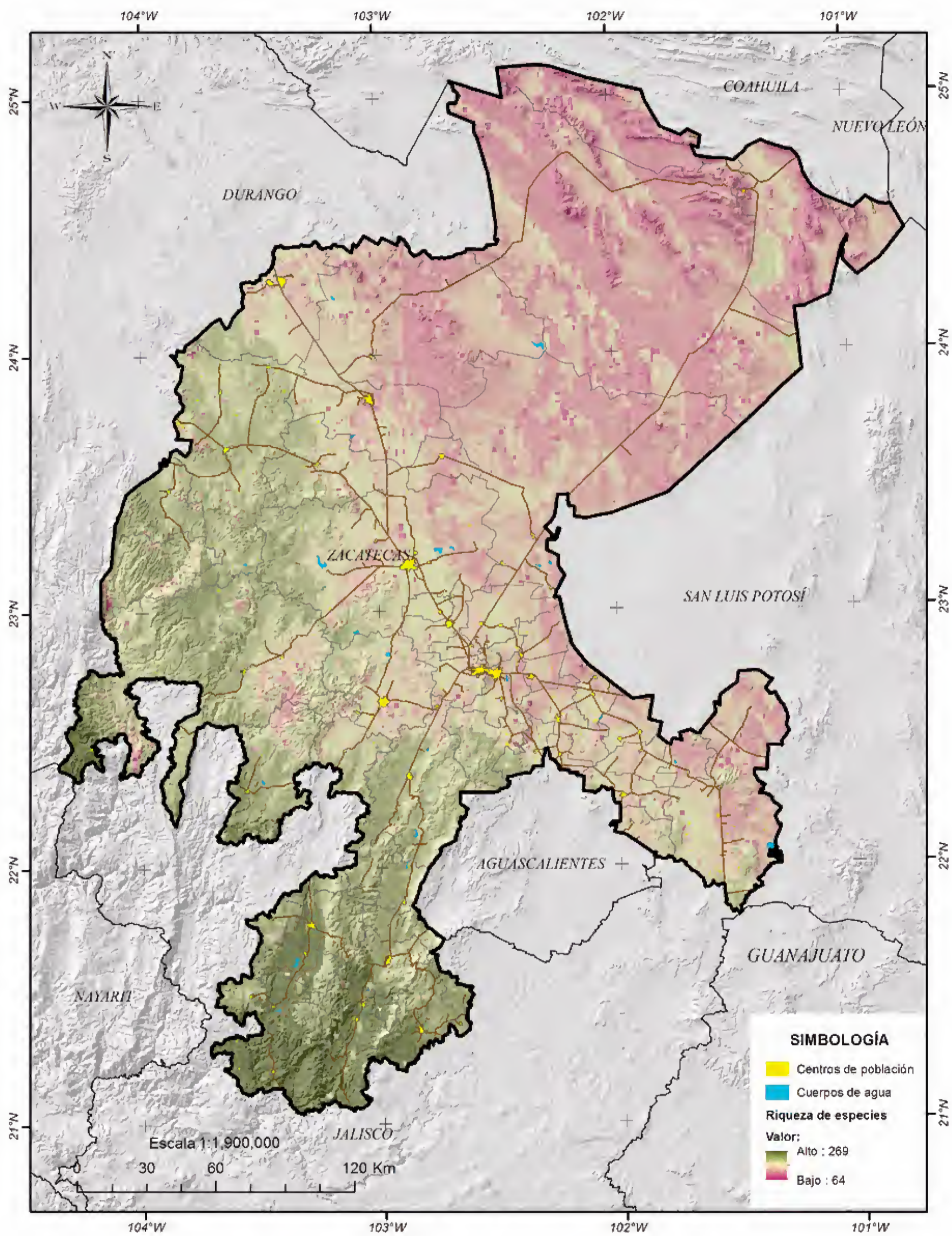


Figura 13. Distribución potencial de la riqueza de especies de aves. Fuente: elaboración con base en Navarro-Sigüenza *et al.* 2003.

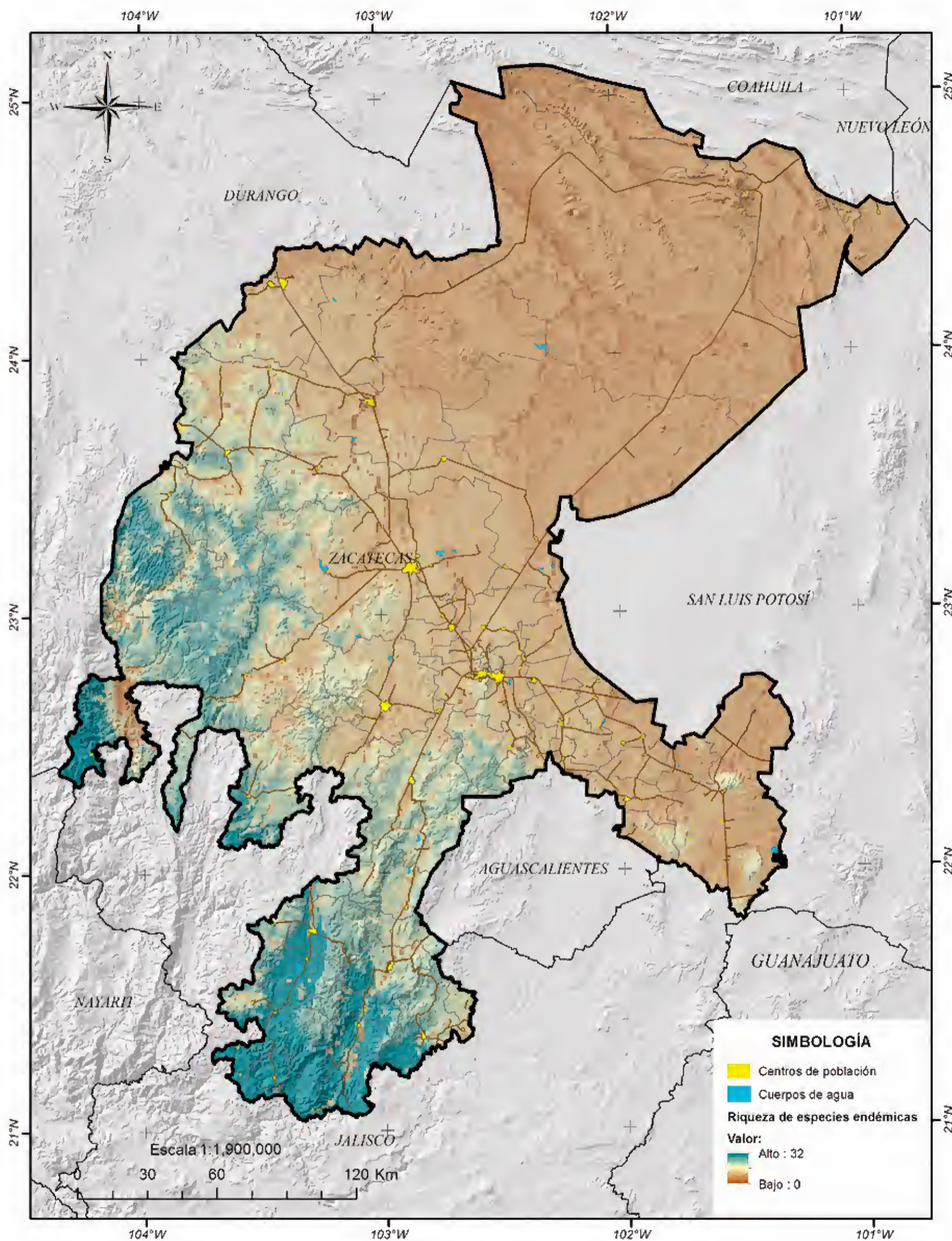


Figura 14. Distribución potencial de la riqueza de aves endémicas. Fuente: elaboración con base en Navarro-Sigüenza y Peterson 2007.

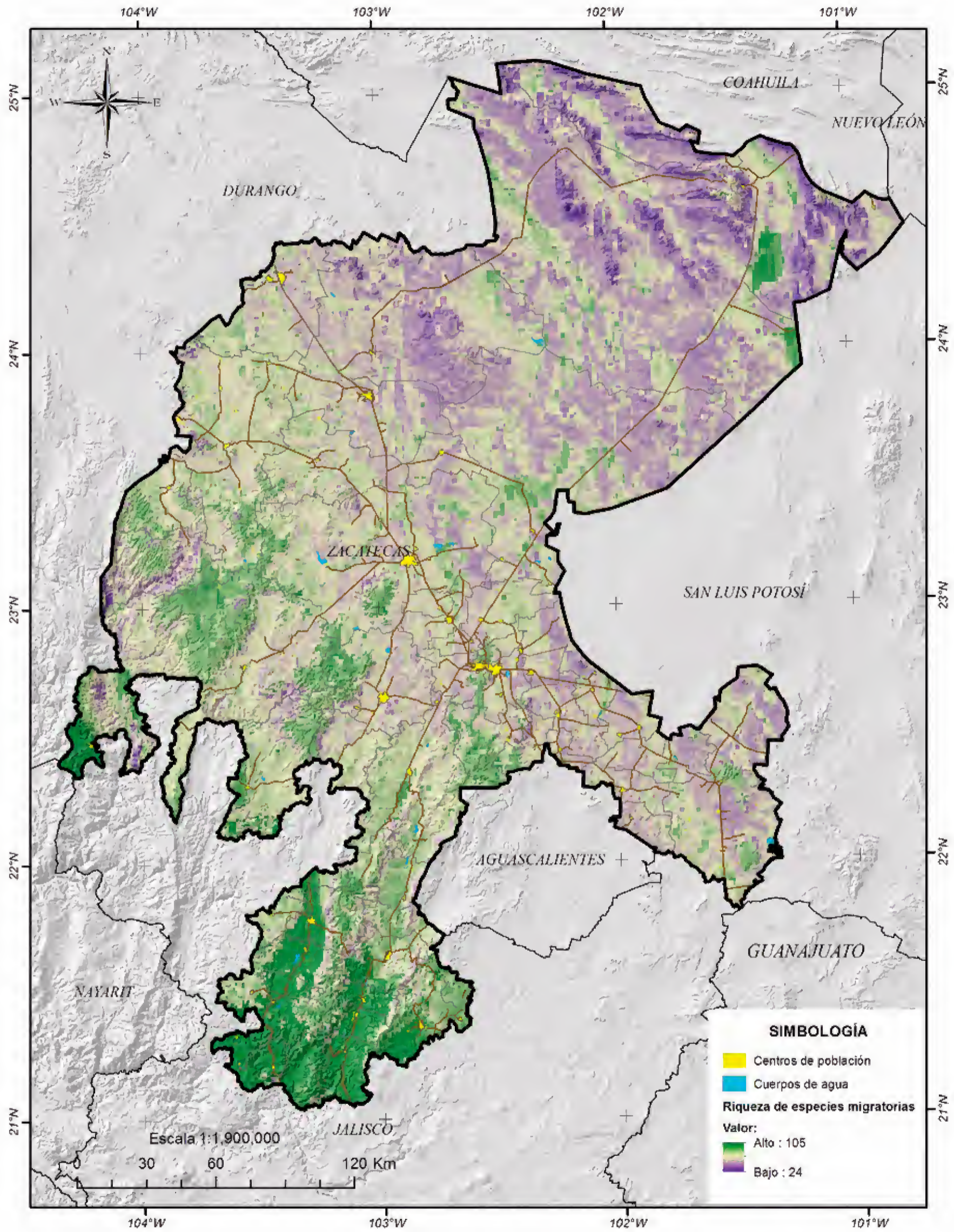


Figura 15. Distribución potencial de la riqueza de especies de aves migratorias. Fuente: elaboración con base en Navarro-Sigüenza *et al.* 2003, Navarro-Sigüenza y Peterson 2007.

a la vez tengan programas de designación y protección estatal o federal, dada la importancia de la riqueza, el endemismo y la conservación de especies en peligro o bajo alguna categoría de protección. A esto debe sumarse el fomento a la investigación local y nacional para poder enfrentar las diversas necesidades de información y amenazas que se presentan, así como para poder preservar la biodiversidad estatal.

Agradecimientos

A los curadores de las colecciones científicas de las instituciones que brindaron acceso a sus datos

para la conformación del “Atlas de las aves de México”, del cual se obtuvo la información para Zacatecas, a Alejandro Gordillo Martínez (MZFC) por coordinar la georreferenciación de los datos, y a Patricia Téllez Mendoza quien los actualizó para los apéndices. A Robert M. Zink, John Klicka, Gabriela García-Deras, Samuel López de Aquino, Elsa Figueroa, Fernando Puebla-Olivares y Nandadevi Cortés-Rodríguez, quienes colaboraron con el trabajo de campo. A Anastacio y Beatriz Salazar y su familia por las facilidades para llevar a cabo colectas de especímenes científicos en su propiedad.

Referencias

- AOU. American Ornithologists' Union. 1998. *Check-list of north american birds*. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- Arizmendi, M.C. y L. Márquez. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*, AICA. CONABIO, México.
- Askins, R.A., F. Chávez-Ramírez, B.C. Dale et al. 2007. Conservation of grassland birds in North America: understanding ecological processes in different regions. *Ornithological Monographs* 64:1-46.
- Baker, J. 1962. Associations of cave swallows with cliff and barn swallows. *Condor* 64:326.
- Barrowclough, G.F., J.G. Groth, L.A. Mertz y R.J. Gutiérrez. 2006. Genetic structure of mexican spotted owl (*Strix occidentalis lucida*) populations in a fragmented landscape. *Auk* 123:1090-1102.
- Bhagabati, N.K., J.L. Brown y B.S. Bowen. 2004. Geographic variation in mexican jays (*Aphelocoma ultramarina*): local differentiation, polyphyly or hybridization?. *Molecular Ecology* 13:2721-2734.
- Bravo-Vinaja, M.G., L.A. Tarango-Arámbula, F. Clemente-Sánchez et al. 2005. Composición y variación de la dieta del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida*) en Valparaíso, Zacatecas, México. *Agrociencia* 39:509-515.
- Brown, J.L., E.R. Brown, J. Sedransk y S. Ritter. 1997. Dominance, age, and reproductive success in a complex society: a long-term study of the mexican jay. *Auk* 114:279-286.
- CBD. Convention on Biological Diversity. *Text of the Nagoya Protocol*. 2012. En: <<http://www.cbd.int/abs/text/>>, última consulta: 20 de febrero de 2012.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2010. *Apéndices I, II y III*. En: <<http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml>>, última consulta: 23 de febrero de 2012.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. *aVerAves*. En: <<http://ebird.org/content/averaves/>>, última consulta: 9 de agosto de 2012.
- Delaney, K.S., S. Zafar y R.K. Wayne. 2008. Genetic divergence and differentiation within the western scrub-jay (*Aphelocoma californica*). *Auk* 125:839-849.
- Escalante, P., A.G. Navarro-Sigüenza y A.T. Peterson. 1993. A geographic, ecological and historical analysis of the land bird diversity in Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Nueva York, pp. 281-307.
- Evenden, F.G. 1952. Notes on mexican bird distribution. *Wilson Bulletin* 64(2):112-113.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. *Biodiversidad y conservación en México; vertebrados, vegetación y uso de suelo*. CONABIO/UNAM, México.
- Friedmann, H., L. Griscom y R.T. Moore. 1950. Distributional check-list of the birds of Mexico part I. *Pacific Coast Avifauna* 29:1-202.

- 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 (nueva serie)* 20:167-185.
- Gaston, K.J., T.M. Blackburn y K.K. Goldewijk. 2003. Habitat conversion and global avian biodiversity loss. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 270:1293-1300.
- Gaston, K.J. y R.A. Fuller. 2007. Biodiversity and extinction: losing the common and the widespread. *Progress in Physical Geography* 31:213.
- Goldman, A.E. 1951. Biological investigations in Mexico. *Smithsonian Miscellaneous Collection* 115:1-476.
- González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: *Conservación de aves. Experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, pp. 150-194.
- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press, Oxford.
- Hubbard, J.P. 1977. The biological and taxonomic status of the mexican duck. *New Mexico Department of Game and Fisheries Bulletin* 16:1-56.
- Lammertink, J.M., J.A. Rojas-Tomé, F.M. Casillas Orona y R.L. Otto. 1997. *Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra madre Occidental y sus aves endémicas*. CIPAMEX, México.
- Lanning, D.V., J.F. Marshall y J.T. Shiflett. 1990. Range and habitat of the Colima warbler. *Wilson Bulletin* 102:1-13.
- López-Saut, E.G., F. Chávez-Ramírez y R. Rodríguez-Estrella. 2011. New records of wintering grounds for sandhill cranes in Mexico. *Waterbirds* 34:239-246.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos et al. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5:249-261.
- Mellink, E., M.G. Jasso y J.R. Aguirre. 1988. Utilización de las aves de jaula silvestres en el altiplano potosino-zacatecano. *Agrociencia* 71:239-254.
- Miller, A.H., H. Friedmann, L. Griscom y R.T. Moore. 1957. Distributional check-list of the birds of Mexico part II. *Pacific Coast Avifauna* 33:1-436.
- Navarro-Sigüenza, A.G., A. Lira-Noriega, M.C. Arizmendi et al. 2011. Áreas de conservación para las aves de México: integrando criterios de priorización. En: *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*. CONABIO/CONANP (coords.). México, pp. 108-129.
- Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez et al. 2014. Biodiversidad de las aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:476-495.
- Navarro-Sigüenza, A.G. y L.A. Sánchez-González. 2003. La diversidad de las aves. En: *Conservación de aves. Experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, pp. 24-85.
- Navarro-Sigüenza, A.G., A.T. Peterson y A. Gordillo-Martínez. 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. En: *Why museums matter: avian archives in an age of extinction*. N. Collar, C. Fisher y C. Feare (eds.). Bulletin British Ornithologists' Club Supplement 123A, London, pp. 207-225.
- Navarro-Sigüenza, A.G. y A.T. Peterson. 2007. *Mapas de las aves de México basados en www*. Informe final proyecto Núm. CE015. SNIB-CONABIO, México
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake et al. 2001. Terrestrial eco-regions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience* 51:933-938.
- Riddle, B.R. y D.J. Hafner. 2006. A step-wise approach to integrating phylogeographic and phylogenetic biogeographic perspectives on the history of a core north american warm deserts biota. *Journal of Arid Environments* 66:435-461.
- Rodríguez-Yáñez, C., R. Villalón y A.G. Navarro S. 1994. Bibliografía de las aves de México (1825-1992). *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias* 8:1-153.
- Rojas-Soto, O. y A. Oliveras de Ita. 2005. Los inventarios faunísticos: reflexiones sobre su desarrollo en el neotrópico. *Ornitología Neotropical* 16:441-445.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación potencial. IV.8.2. En: *Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4 000 000*. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Salvin, O. y F.D. Godman. 1879-1904. *Biologia Centrali-Americana: Aves Vol. 1-4*. Taylor and Francis, Londres.
- Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, T. Escalante et al. 2009. Deforestation and biodiversity conservation in Mexico.

- En: *Endangered species: new research*. A. Columbus y L. Kuznetsov (eds.). Nova Science Publishers Inc, Nueva York, pp. 279-298.
- 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. Texto vigente.
- Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long y D.C. Wege. 1998. *Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation*. BirdLife International, Cambridge.
- Stockwell, D.R.B. y R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33:385-390.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2011. *Lista roja de especies en riesgo*. En: <<http://www.iucn.org/es/sobre>>, última consulta: 6 de marzo de 2012.
- Webster, J.D. 1958. Further ornithological notes on Zacatecas, Mexico. *Wilson Bulletin* 70:243-256.
- . 1959. Another collection from Zacatecas, Mexico. *Auk* 76:365-367.
- . 1968. Ornithological notes from Zacatecas, Mexico. *Condor* 70:395-397.
- . 1973. Richardson's Zacatecas collection I. *Condor* 75:239-241.
- . 1984. Richardson's Mexican collection: birds from Zacatecas and adjoining states. *Condor* 86:204-207.
- Webster, J.D. y R.T. Orr. 1952. Notes on Mexican birds from the states of Durango and Zacatecas. *Condor* 54:309-313.
- . 1954. Summering birds of Zacatecas, Mexico, with a description of a new race of Worthen sparrow. *Condor* 56:155-160.
- Wege, D.C., S.N.G. Howell y A.M. Sada. 1993. The distribution and status of Worthen's sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conservation International* 3:211-220.
- WorldClim. 2012. *Global climate data*. En: <<http://www.worldclim.org/>>, última consulta: 9 de agosto de 2012.

Aves de Nochistlán de Mejía y zonas aledañas: una región tropical

Noé Pérez Valadez

Las regiones tropicales son conocidas por su gran riqueza y variedad de especies; además, son un gran atractivo para las personas que gustan de la observación de las aves, ya que cuentan con especies muy vistosas por sus plumajes coloridos e incluso con especies endémicas, es decir, exclusivas de estas zonas. La región del oeste de México, en particular los bosques tropicales secos y las montañas de la Sierra Madre Occidental, alberga una alta diversidad de especies, así como la mayor riqueza de endemismos de aves (Escalante *et al.* 1993, García-Trejo y Navarro-Sigüenza 2004). Sin embargo, es una región poco estudiada y conocida desde un punto de vista histórico-ecológico. Además, representa uno de los tipos de vegetación más amenazados y con menor índice de protección en el país (Trejo y Dirzo 2000), por lo que un número considerable de especies están amenazadas por las actividades humanas.

En el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, en la porción de Zacatecas, existen áreas que cuentan con vegetación de bosque tropical caducifolio, también conocido como selva baja seca. Con el fin de conocer la diversidad de la avifauna de esta región, desde los primeros meses del 2012 se realizó la observación de aves en el municipio de Nochistlán de Mejía. Al mismo tiempo, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica de trabajos relacionados con las aves de esta región y sus zonas aledañas; sin embargo, los estudios sobre aves de esa región fueron escasos: únicamente se registraron los trabajos de Webster (1958, 1959 y 1968) para las regiones de Jalpa y Juchipila, muy cercanas a Nochistlán.

A lo largo de los recorridos por diferentes localidades se hicieron hallazgos relevantes. Por ejemplo,

en la presa de Las Tuzas, ubicada al noroeste de la cabecera municipal de Nochistlán, se observaron tres individuos del zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), una especie que no estaba registrada previamente para el estado (figura 1).

Asimismo, en la localidad de El Capulín de Arriba, dominada por un bosque de encino (*Quercus* sp.), se pudieron observar y escuchar dos individuos de momoto corona café (*Momotus mexicanus*), ave que es cuasiendémica del oeste de México y característica del bosque tropical seco.

En la localidad de Vallecitos, que se encuentra en el límite de los municipios de Nochistlán, Jalpa y Juchipila (figura 2), se observaron especies como la guacamaya verde (*Ara militaris*), el Luis gregario (*Myiozetetes similis*), la urraca hermosa cara negra (*Calocitta colliei*), el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), así como el rasgador nuca rufa (*Melospiza kieneri*), endémico de



Figura 1. Zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*) en la localidad de Toyahua, Nochistlán de Mejía. Foto: Noé Pérez Valadez.

Pérez-Valadez, N. 2020. Aves de Nochistlán de Mejía y zonas aledañas: una región tropical. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 270-271.



Figura 2. Paisaje que muestra los límites entre Nochistlán, Jalpa y Juchipila, así como su vegetación asociada. Foto: Noé Pérez Valadez.

México. Cabe mencionar que la guacamaya verde se encuentra en la categoría de en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Esto nos indica la importancia de realizar estudios faunísticos y ecológicos para generar conocimiento que complemente la información sobre la diversidad de especies. Estos datos son muy

Referencias

- Escalante, P., A.G. Navarro-Sigüenza y A.T. Peterson. 1993. A geographic, ecological and historical analysis of the land bird diversity in Mexico. En: *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, Oxford, pp. 281-307.
- 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 (nueva serie)* 20:167-185.
- 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. Texto vigente.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94:133-142.
- Webster, J.D. 1958. Further ornithological notes from Zacatecas, Mexico. *The Wilson Bulletin* 70(3):243-256.
- . 1959. Another collection from Zacatecas, Mexico. *Auk* 76(3):365-367.
- . 1968. Ornithological notes from Zacatecas, Mexico. *Condor* 70(4):395-397.

útiles para desarrollar políticas y programas estatales y municipales de conservación y protección de las especies y sus hábitats en la región de Nochistlán y áreas adyacentes, tales como planes de manejo, programas ecoturísticos, recorridos para la observación de aves, entre otros esquemas sustentables. Además, en Juchipila se encuentra el pino *Pinus maximartinezii*, especie en peligro de extinción (SEMARNAT 2010) y endémica de un área de ese municipio, el cerro Piñones, lo que puede motivar a que se conserve una superficie más extensa de esa región.

En resumen, es importante que se genere información sobre las especies de flora y fauna silvestres en las zonas tropicales del estado mediante estudios faunísticos, listas de especies a nivel local, guías ilustradas, etc. Esto ayudará a que se puedan tomar mejores decisiones en materia de conservación y designación de áreas protegidas. También es muy importante que esta información sea transmitida a la gente de las comunidades a través de programas de educación ambiental accesibles para comunicarles la importancia de cuidar la flora y la fauna silvestres, con la finalidad de fomentar su conservación.

Las sierras de Zacatecas y su importancia en la conservación del trogón orejón

Octavio Rafael Rojas Soto

La avifauna de Zacatecas es una de las menos conocidas del país. Existen muchas especies de las que aún no se sabe sobre su presencia en la entidad y de las que, probablemente, conforme se realicen más estudios, se irán descubriendo.

En este estudio de caso se describe un viaje a lo largo de la Sierra Madre Occidental (SMO) en el suroeste del estado (figura 1), en el que se registró, entre otras especies, al trogón orejón (*Euptilotis neoxenus*), especie endémica de México y catalogada como amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En el año 2005, investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Instituto de Ecología, A.C. iniciaron un recorrido por Zacatecas, principalmente enfocándose en conocer la riqueza avifaunística de áreas poco exploradas biológicamente, e incluyendo la búsqueda particular de algunas de las especies más raras y en peligro de extinción de México, como es el caso del gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) y del trogón orejón (figura 2), ambas especies restringidas a las zonas altas de la SMO.

Con base en los únicos registros históricos provenientes de Durango y Jalisco (Oliveras de Ita y Rojas-Soto 2006) se realizaron algunos análisis previos mediante el modelado de nichos ecológicos, para determinar aquellas condiciones ambientales a lo largo de la SMO que fuesen similares a las conocidas para estas especies (Rojas-Soto *et al.* 2008); estas se detectaron al oeste y suroeste de Zacatecas.

De acuerdo con estos análisis se inició el viaje a través de Jalisco y Zacatecas, hasta llegar a Nayarit. Resultó evidente que las zonas montañas con presencia potencial de las especies de interés



Figura 1. Paisaje representativo de las zonas montañas de Zacatecas en la zona de transición entre chaparrales y bosque de encino. Foto: Adán Oliveras de Ita.



Figura 2. Trogón orejón (*Euptilotis neoxenus*). Ilustración: Marco A. Pineda Maldonado/Banco de imágenes CONABIO.

Rojas-Soto, O. 2020. Las sierras de Zacatecas y su importancia en la conservación del trogón orejón. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 272-273.

en el estado, que incluyen entre otras, a las sierras de los Cardos, Valparaíso y Milpillas y abarcando parte de los municipios de Monte Escobedo, Valparaíso, Jiménez del Teúl, Chalchihuites y Sombrerete estaban relativamente bien conservadas; y aunque los bosques particularmente de pino y encino han sido afectados por la extracción de madera, aún es posible verlos en grandes extensiones (Oliveras de Ita y Rojas Soto 2006).

Durante el camino se observaron grandes superficies de bosque de pino, el mismo ambiente en donde se distribuía el ahora extinto carpintero imperial (*Campephilus imperialis*), el más grande del mundo, y del cual se conoció muy poco, principalmente de forma anecdótica (Lammertink *et al.* 1997), pero que se sabe vivía en este tipo de bosques maduros a lo largo de la SMO. Durante el recorrido en esta zona de paisaje conservado se registró un águila real (*Aquila chrysaetos*) sobrevolando sobre un acantilado; a partir de este hallazgo se pensó en registrar a otras especies en riesgo, como la chara pinta (*Cyanocorax dickeyi*) y la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*).

En el rancho conocido como Gachupines, municipio de Sombrerete, donde existen todavía grandes porciones de bosque de pino intercaladas con parches de matorral alpino, subalpino y chaparrales, se hizo el primer registro del trogón orejón, corroborando su presencia en la región.

Por el dueño del rancho se sabe que esta zona fue, hace más de 200 años, uno de los caminos reales que comunicaban al centro con el norte

del país y que la introducción de ganado y la tala inmoderada ocurrida desde el siglo pasado, han transformado considerablemente (apenas tenía 20 años de parcial recuperación). En este contexto, el hallazgo del trogón orejón implica que, por un lado, esta región posee un relativo buen estado de conservación y, por otro, que los ranchos particulares, a diferencia de las áreas madereras y ganaderas tan ampliamente extendidas en esta zona, están sirviendo como refugios para la biodiversidad, lo que promueve la conservación, a pesar del grado de perturbación que presentan.

Una recomendación evidente es la necesidad de continuar con los estudios avifaunísticos en esta y otras regiones de Zacatecas. Asimismo, se considera importante el acercamiento con los dueños de ranchos, ya sean particulares o ejidales, para brindarles información acerca de la riqueza biológica que poseen sus tierras y sobre la importancia de mantener áreas de bosque dentro de ellas, incentivando en lo posible la exclusión de la ganadería, la reducción de la tala y fomentando el ecoturismo.

Durante este recorrido fue posible detectar la presencia de una gran diversidad de aves características de la SMO, incluyendo al trogón orejón, el cual es una especie que requiere de un relativo buen estado de conservación. Esto invita a reflexionar acerca de la necesidad de realizar más estudios sobre la biodiversidad de esta región y a promover acciones encaminadas a la conservación de estos ambientes únicos en el país.

Referencias

- Lammertink, M., J.A. Rojas-Tomé, F.M. Casillas-Orona y R.L. Otto. 1997. *Situación y conservación de los bosques antiguos de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y sus aves endémicas*. CIPAMEX, México.
- Oliveras de Ita, A. y O. Rojas-Soto. 2006. A survey for the Sierra Madre sparrow (*Xenospiza baileyi*), with its rediscovery in the state of Durango, Mexico. *Bird Conservation International* 16:25-32.
- Rojas-Soto, O., E. Martínez-Meyer, A.G. Navarro-Sigüenza *et al.* 2008. Modeling distributions of disjunct populations of the Sierra Madre sparrow. *Journal of Field Ornithologist* 79:245-253.
- 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. Texto vigente.

Un acercamiento al águila real

Fulvio Eccardi Ambrosi • Carlos Carrillo

El águila real (*Aquila chrysaetos*) tiene la mejor visión en el planeta y es el máximo depredador entre las aves. En vuelo de planeo puede elevarse 1 500 metros en solo 45 segundos y en picada su velocidad rebasa los 150 km/h (figura 1; Watson 1997).

Históricamente su distribución abarcaba desde Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y el sur de San Luis Potosí y Tamaulipas, hacia el resto del norte de México; sin embargo, durante la década de los noventa, esta estimación se redujo a áreas aisladas, mayoritariamente en el norte del país (Rodríguez-Estrella y Necedal 1985, Rodríguez-Estrella 2002, SEMARNAT 2008). Se le considera como una especie amenazada según la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Para conocer y entender cómo se mueve dentro de su territorio se necesita mucho tiempo, paciencia y sensibilidad. En invierno es menos difícil localizarla, ya que los machos y las hembras se llaman constantemente emitiendo un sonido que se asemeja a un ladrido. De esta forma, aunque son monógamas, refuerzan los lazos con su pareja y, en caso de perderla, es lo que les permite encontrar una nueva (Watson 1997). En la temporada invernal deben decidir entre construir un nido nuevo o reactivar alguno de los años pasados; este es el momento adecuado para observar su comportamiento y localizar el sitio de anidación que usarán.

Al apareamiento le sigue la incubación, que es un periodo de gran pasividad: la hembra permanece casi todo el tiempo echada en el nido calentando



Figura 1. Águila real en vuelo. Foto: Fulvio Eccardi.

Eccardi, F. y C. Carrillo. 2020. Un acercamiento al águila real. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 274-276.

uno o dos huevos y el macho le lleva comida una vez al día. Un mes y medio después nace el primer polluelo que, diminuto y frágil, pasa dormido la mayor parte del tiempo. A los pocos días de nacido ya está más activo y la hembra lo alimenta con pequeños trozos de carne (figura 2). Nace el segundo pollo que, al ser más pequeño y débil que su hermano, en ocasiones puede sucumbir al fratricidio, un comportamiento también llamado cainismo, que es común entre las rapaces y se presume que está dictado por la abundancia o escasez de alimento (Watson 1997).

El pollo que sobrevive crece y se ejercita moviendo las alas en cortos aleteos, chilla cuando tiene hambre y sus progenitores le llevan el alimento hasta donde está perchado. El macho vuela cerca de él mostrándole entre las garras alguna presa recién cazada para estimularlo a que lo siga en vuelo y después lo recompensa con el alimento. A los 70 días de nacido se lanza al vacío con un vuelo inestable y torpe. Para enseñarle a cazar vuelan juntos: el padre se deja caer a gran velocidad



Figura 2. Alimentación del polluelo en el nido. Foto: Fulvio Eccardi.

con el fin de atrapar a alguna presa y, en el último instante, le cede el paso al aguilucho, que lo sigue a corta distancia, para que se abalance sobre ella.

Cuando es juvenil empieza a alejarse del territorio donde nació; si regresa sus padres lo ahuyentan exhibiéndole sus garras. Para el otoño se retira definitivamente, no se sabe hacia dónde ni cuál será su destino. En México aún no se han realizado investigaciones de esta rapaz utilizando radiotelemetría.

Registros en Zacatecas

De acuerdo con los resultados de 16 años de observaciones de campo en ocho municipios (Huejúcar, Colotlán, Villa Guerrero y Mezquitic, en Jalisco; Tepetongo, Susticacán, Valparaíso y Monte Escobedo, en Zacatecas) se han identificado 29 territorios de águila real en la región montañosa ubicada al sur de Zacatecas y el norte de Jalisco.

En tan solo 10 de ellos, durante el periodo de observación, se registró la salida de 80 aguiluchos de sus nidos (apéndice 21). Aunque la mortandad



Figura 3. Águila emprendiendo el vuelo. Foto: Fulvio Eccardi.

en los primeros años de vida es muy alta (Watson 1997), es un número de aguiluchos importante cuando se le compara con las 101 parejas que actualmente las autoridades del sector tienen registradas en todo México (Lozano-Román 2014).

El área geográfica que comprende este estudio se presenta actualmente como la zona con el mayor número de registros de nacimiento de águila real en el país (SEMARNAT 2008). En sus 15 mil kilómetros cuadrados existe una población importante que hay que estudiar, proteger e incrementar, y que constituye un reservorio genético de la especie. En los 10 territorios se han identificado los sitios históricos de anidación, las perchas de descanso y cacería (figura 3), los bañaderos, las principales corrientes de aire ascendente, los tipos de vegetación y las áreas de uso ganadero y agrícola, datos que se han anotado sobre imágenes satelitales de Google Earth, que se están analizando (Lozano-Román s/f).

Durante los últimos cuatro años, también se han podido registrar a través de miles de fotografías muchos aspectos de su historia natural, imágenes de acciones que no se aprecian a simple vista

y que son efímeras. De este trabajo, que nació del interés de la sociedad civil, resultó un proyecto de comunicación, conservación y cultura, cuyos resultados en su primera fase son la página web www.aguilarealmexico.org, el libro *Águila real, símbolo vivo de México* y la exposición itinerante del mismo nombre que se presentó por primera vez en el Museo Nacional de Historia, Castillo de Chapultepec, con fotos, videos, objetos arqueológicos e históricos relacionados con el águila real, y fue visitada por más de 268 mil personas durante los cuatro meses de exhibición.

El águila real está íntimamente relacionada con varios aspectos históricos de México, por ejemplo, es símbolo central en el escudo nacional y se tenían varias representaciones en la cultura azteca; sin embargo, la biología y la historia natural de la especie se desconoce entre el público general. Esta ave atrae la curiosidad y el interés del público de todas las edades, por lo que es un poderoso aliado para comunicar sobre la importancia de la conservación del medio ambiente, así como para recuperar la especie y salvarla de la extinción.

Referencias

- Lozano-Román, L.F. s/f. *Proyecto seguimiento de un nido de águila real a través de una cámara satelital, 2006-2007*. México (inédito).
- . 2014. Programa de acción para la conservación de la especie (PACE) para el águila real. Comunicación personal.
- Rodríguez-Estrella, R. 2002. A survey of golden eagles in northern Mexico in 1984 and recent records in central and southern Baja California Peninsula. *The Journal of Raptor Research* 36(1):3-9.
- Rodríguez-Estrella, R. y J. Nocedal. 1985. *El águila real Aquila chrysaetos L. en México: prospección de su distribución y hábitos*. Informe final de actividades. Instituto de Ecología, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. *Programa de acción para la conservación de la especie: Águila real (Aquila chrysaetos)*. SEMARNAT, México.
- . 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Watson, J. 1997. *The golden eagle*. Academic Press, Londres.

Búhos y lechuzas: un control natural de plagas de importancia para la agricultura

Oscar Sánchez Herrera • Rubén Armando Rodríguez de la Rosa

En muchas comunidades rurales de México las lechuzas y los búhos (Strigiformes) son considerados como la forma animal que adoptan brujas y hechiceras para desplazarse de un lado a otro. Esto obedece, principalmente, a la ignorancia de las personas que ven a estos organismos como una amenaza sobrenatural, antes que a verdaderos entes biológicos.

El presente estudio de caso conducido en el municipio de Fresnillo, localizado a 60 km al norte de la capital de Zacatecas, busca destacar la importancia de la conservación de este grupo de rapaces nocturnas, no solo desde el punto de vista biológico, sino también desde la perspectiva del beneficio que aportan a las actividades agrícolas como control biológico de plagas de roedores.

Fresnillo es un municipio eminentemente agrícola: cuenta con una superficie de siembra total de 163 283 ha; sus principales cultivos son el frijol, trigo, maíz, cebada y avena forrajera; algunas de las hortalizas cultivadas son la zanahoria, cebolla, tomate, ajo y chile, y frutas como el durazno, uva, manzana y alfalfa (INEGI 2010). Debido a su intensa actividad agrícola, este municipio se ha convertido en el de mayor población en el estado y, de igual forma, en el de mayor importancia económica (INEGI 2010).

Desafortunadamente no se cuenta con cifras exactas sobre el grado de mortandad de rapaces en el área de estudio, ya que esto ocurre por múltiples causas, como la electrocución en líneas de alta

tensión (Manzano-Fischer *et al.* 2007), la cacería indiscriminada, el atropellamiento por vehículos en movimiento, el ahogamiento en ríos, presas y cuerpos de agua para riego, y la destrucción de su hábitat para fines agrícolas.

Actualmente, la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas desarrolla un proyecto de investigación sobre la dieta de algunos Strigiformes del municipio de Fresnillo. Este proyecto, parte de la tesis de licenciatura del primer autor, estudió la dieta de la lechuza de campanario (*Tyto furcata*;¹ figura 1) y del



Figura 1. Lechuza de campanario (*Tyto furcata*). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.

¹ La American Ornithologists' Union (AOU) la considera conespecífica de *Tyto alba*; véase "Aves" en esta misma obra.

Sánchez-Herrera, O. y R.A. Rodríguez-de la Rosa. 2020. Búhos y lechuzas: un control natural de plagas de importancia para la agricultura. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 277-279.

tecolote pocero (*Athene cunicularia*; figura 2). Se basó en el análisis del contenido de 76 egagrópilas, las cuales son regurgitaciones de estos organismos que contienen los elementos no digeridos de sus presas, como pelo, plumas y huesos (figura 3). Las egagrópilas fueron colectadas en diferentes temporadas: mayo y septiembre de 2010, julio y noviembre de 2011, y marzo y octubre de 2012, en tres localidades del municipio de Fresnillo: Las Palmas, La Loma y La Bodega de la comunidad de Luis Donaldo Colosio. Tomando en cuenta parámetros, como talla y morfología, se pudo constatar que 66 egagrópilas corresponden a *T. furcata* y 10 a *A. cunicularia*; además, se pudo observar la presencia de ambas rapaces en el sitio donde las egagrópilas fueron colectadas.

De esta forma, se ha observado preliminarmente que un alto porcentaje de la dieta de la lechuza de campanario y del tecolote pocero se compone de roedores y otros mamíferos pequeños, ya que estos representan 75% de las muestras analizadas, mientras que el restante 25% lo conforman reptiles, aves, invertebrados y elementos no identificados (cuadro 1, figura 4).

Un hallazgo notable es la presencia de un cráneo y mandíbulas de una musaraña en dos egagrópilas de *T. furcata*, que por sus características anatómicas diagnósticas se trata de la musaraña del desierto (*Notiosorex crawfordi*). Este registro se suma a los escasos reportes de este pequeño y elusivo mamífero en Zacatecas.

Estos estudios permiten conocer la dieta de los organismos que, como la lechuza de campanario y el tecolote pocero, coexisten con el hombre en



Figura 2. Tecolote pocero (*Athene cunicularia*). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.

zonas eminentemente agrícolas. Los roedores y otros mamíferos pequeños, además de representar vectores potenciales de enfermedades, pueden dañar cosechas o afectar seriamente productos agrícolas almacenados en bodegas o silos, por lo que estas aves rapaces son un método de control biológico de estos organismos. La información generada será útil para concientizar a los agricultores de las diferentes comunidades de Fresnillo y del estado acerca de la importancia de conservar a los búhos y las lechuzas en sus terrenos agrícolas.

Ya que aún no se ha realizado ningún acercamiento con los agricultores para informarles sobre la importancia de la lechuza de campanario y del

Cuadro 1. Tipos de presas registrados en las egagrópilas (regurgitaciones) de la lechuza de campanario (*Tyto furcata*) y del tecolote pocero (*Athene cunicularia*) por localidad.

Localidad	Mamíferos pequeños	Aves	Reptiles	Artrópodos	Otros
La Bodega	98	0	0	4	0
Las Palmas	23	2	1	22	4
La Loma	10	0	0	8	2
Total	131	2	1	34	6

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Egagrópilas (regurgitaciones) de la lechuza de campanario (arriba) y del tecolote pocero (abajo). En la egagrópila de arriba se observa un cráneo de roedor, mientras que en la de abajo se distinguen partes del exoesqueleto de escarabajos y pelo de mamífero. La barra oscura equivale a 3 centímetros. Foto: Óscar Sánchez Herrera.

tecolote pocero, es muy probable que su distribución y abundancia puedan manifestar cifras alarmantes en la región de Fresnillo. En este sentido es necesario un proyecto para fomentar la conservación de las poblaciones de ambas especies, las cuales representan un elemento importante de la biodiversidad del estado.

Entre las estrategias de manejo y conservación de estos búhos y lechuzas se pueden contemplar

Referencias

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Pronuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Fresnillo, Zacatecas*. INEGI, México.
- Manzano-Fischer, P., R. List, J.L. Cartron *et al.* 2007. Electrocutación de aves en líneas de distribución de energía eléctrica en México. *Biodiversitas* 72:11-15.
- Martin, G.M. 2003. Las rapaces del noroeste del Chubut y el control de poblaciones de roedores. *Medio Ambiente* (3):13-18.

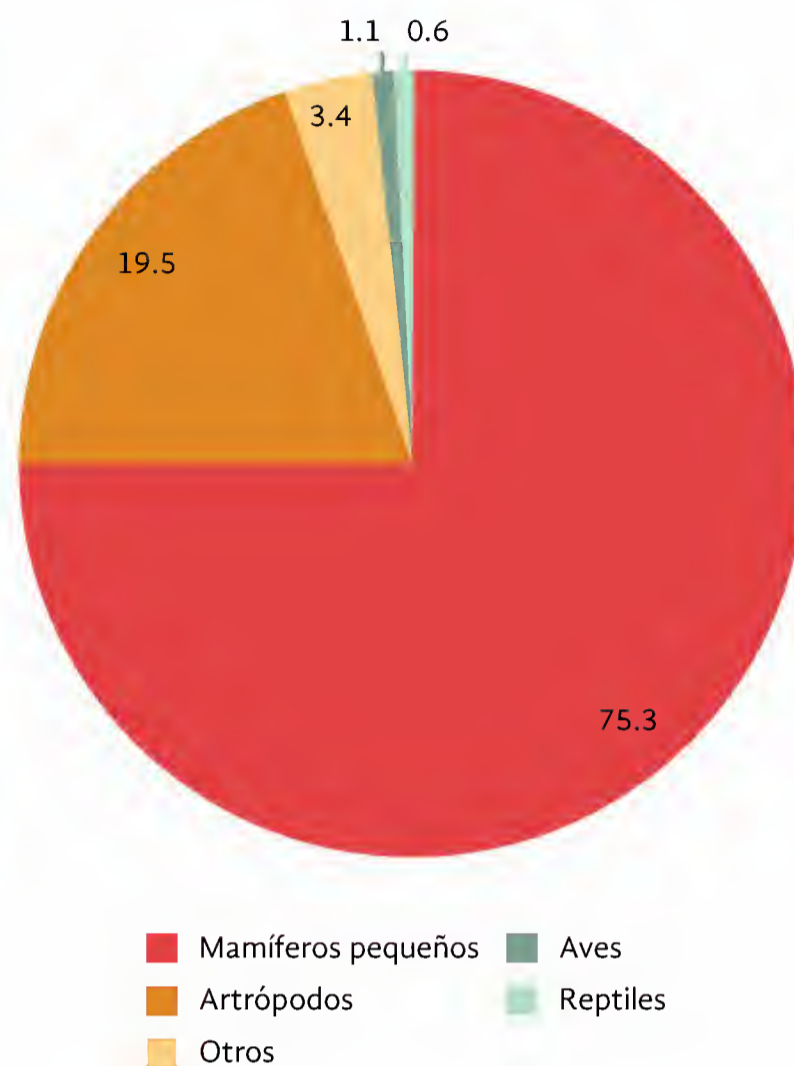


Figura 4. Proporción (en porcentaje) de presas en las egagrópilas (regurgitaciones) de la lechuza de campanario y del tecolote pocero.

campañas de divulgación de información (por ejemplo, mediante folletos), con el apoyo de las autoridades implicadas en la conservación de nuestra biodiversidad. De igual forma, la construcción de madrigueras o sitios para percha y nidos artificiales ha demostrado tener éxito en otros países y podría permitir la repoblación de las rapaces nocturnas en zonas en las que ya es difícil observarlas (Martin 2003, McDonald *et al.* 2004, Woodin *et al.* 2007).

- McDonald, D., N.M. Korfanta y S.J. Lantz. 2004. *The burrowing owl (Athene cunicularia): a technical conservation assessment*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Region, EUA.
- Woodin, M.C., M.K. Skoruppa, G.C. Hickman. 2007. *Winter ecology of the western burrowing owl (Athene cunicularia hypugaea) in southern Texas 1999-2004*. Scientific Investigations Report 2007-5150. U.S. Department of the Interior/U.S. Geological Survey, EUA.

Mamíferos

Gerardo López Ortega • Claudia Ballesteros Barrera • Yasmín Acosta Cabrera
Fernando Alfredo Cervantes Reza

Los mamíferos (clase Mammalia) son vertebrados tetrápodos homeotermos, es decir, animales que poseen una columna vertebral, cuatro extremidades y, al igual que las aves, tienen la capacidad de regular su temperatura corporal y mantenerla constante. Se distinguen del resto de los vertebrados por poseer pelo y glándulas mamarias productoras de leche con la que alimentan a sus crías. Además, poseen glándulas sudoríparas, odoríferas y sebáceas (Vaughan *et al.* 2010).

Actualmente en el mundo se conocen cerca de 5 490 especies de mamíferos (Sánchez-Cordero 2016); sin embargo, se espera que más de 300 especies nuevas sean descritas en la próxima década e incluso algunas estimaciones sugieren que eventualmente se reconocerán más de 7 mil especies (Reeder *et al.* 2007). México es un país rico en mastofauna, con un total de 496 especies organizadas en 168 géneros, 47 familias y 12 órdenes, de las cuales 169 (34%) son endémicas al país (Ramírez-Pulido *et al.* 2014). Si bien esta diversidad ubica a el país en el tercer lugar mundial en cuanto a mamíferos (Espinosa *et al.* 2008), todavía falta ampliar y actualizar los estudios, especialmente en aquellos sitios en los que no se han explorado exhaustivamente.

En este capítulo se presenta un inventario actualizado de los mamíferos que habitan en Zacatecas generado a partir de diversas fuentes. Por una parte, se realizó una revisión de la literatura especializada (Hall 1981, Matson y Baker 1986, Best 1995, Lee *et al.* 1996, Arita y Ceballos 1997, López-Wilchis y López Jardines 1998a-c, Ceballos y Oliva 2005, Ceballos *et al.* 2005, Wozencraft 2005, Hafner *et al.* 2008, Ramírez-Pulido *et al.* 2008, Redondo *et al.* 2008, Helgen *et al.* 2009, Groves y

Grubb 2011, Tejedor 2011, Fernández *et al.* 2012, Ceballos y Arroyo-Cabrales 2013, López-Gonzalez *et al.* 2013, Mathis *et al.* 2013, Baird *et al.* 2015, Ammerman *et al.* 2016, Pavan 2016) y, por otro lado, se consultó la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), así como colecciones registradas en bases de datos electrónicas, como la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (REMIB 2012), el Portal de Datos de Biodiversidad (GBIF 2017) y el Sistema en Red de Información sobre Mamíferos (MANIS 2012). Con esta información se generó una base de datos con los sitios geográficos donde se colectó algún mamífero en el estado.

Una vez compilada la información se realizó la validación taxonómica a fin de evitar sinonimias y actualizar la nomenclatura (Ramírez-Pulido *et al.* 2014, Baird *et al.* 2015, Ammerman *et al.* 2016, Pavan 2016). Para la validación de la información geográfica se ubicaron espacialmente las localidades donde fueron registrados los ejemplares por medio del programa ArcView 3.2 (ESRI 1999). Aquellos lugares que no contaban con información de coordenadas geográficas (latitud/longitud) fueron georreferenciados utilizando cartografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Google Earth y gaceteros en línea.

Para evaluar la distribución geográfica de las especies en el estado se analizó cuantitativamente la distribución espacial de la diversidad de mamíferos utilizando sistemas de información geográfica y la presencia de los taxones en distintos tipos de unidades de comparación, como las divisiones florísticas (Rzedowski y Reyna-Trujillo 1990) y los tipos de vegetación potencial (Rzedowski 1990).

López-Ortega, G., C. Ballesteros-Barrera, Y. Acosta Cabrera y F.A. Cervantes. 2020. Mamíferos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 280-289.

Diversidad

Con base en 2 796 registros se determinó que la mastofauna del estado cuenta con 123 especies de mamíferos que pertenecen a 72 géneros, 23 familias y ocho órdenes; estas representan 25% del total de especies terrestres y voladoras presentes en el país (cuadro 1).

La mayor parte de las especies (96%) se reportaron en el estado antes de la década de los noventa. Sin embargo, en los últimos años hay nuevos registros, como el ratón *Peromyscus schmidlyi* (López-González *et al.* 2013), y por otra parte revisiones taxonómicas elevan subespecies a la categoría taxonómica de especie, como por ejemplo el ratón de abazones (*Chaetodipus eremicus*; Lee *et al.* 1996), la tuza (*Cratogeomys goldmani*; Hafner *et al.* 2008), la rata magueyera (*Neotoma leucodon*; Edwards y Bradley 2001) y el zorrillo *Spilogale angustifrons* (Wozencraft 2005), todas ellas apoyadas en diversos estudios, principalmente de enfoque citogenético y molecular.

Categorías de riesgo y endemismo

Del total de especies registradas en el estado, 10 (8.1%) se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059 (SEMARNAT 2010), seis (4.8%) están consideradas en la categoría de amenazadas, tres (2.4%) en peligro de extinción, una especie (1%) sujeta a protección especial (apéndice 22). Los grupos con mayor número de especies

incluidas en alguna categoría de riesgo son los murciélagos con cuatro especies, seguido de los carnívoros y roedores con dos cada uno, además de la musaraña (*Notiosorex crawfordi*) y el berrendo (*Antilocapra americana*). Cabe señalar que el venado bura (*Odocoileus hemionus*), el oso negro (*Ursus americanus*) y el perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*) aún mantienen presencia en el país; Zacatecas formaba parte de su área de distribución original, pero desde el siglo pasado no se tienen indicios de su presencia en el estado (Treviño-Villareal y Grant 1998; véase “El perrito llanero: el retorno de un pequeño gigante” en esta misma obra).

Además, agencias internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) catalogan a tres especies como en peligro, siete casi amenazadas y dos como vulnerables, 108 bajo la categoría de preocupación menor, una con datos insuficientes y dos más no están consideradas (UICN, 2017). Por otro lado, la Convención Internacional de Tráfico de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2017) considera a tres especies en el Apéndice I (apéndice 22).

En México, dos géneros (*Nelsonia* y *Tlacuatzin*) y 32 especies son endémicos. De estos endemismos 75% corresponde a los órdenes Rodentia con 24 especies, 16% a Chiroptera con cinco, y Soricomorpha, Lagomorpha y Didelphimorphia con una especie (apéndice 22).

Cuadro 1. Diversidad de mamíferos terrestres. Entre paréntesis se indica el total nacional.

Orden	Familias	Géneros	Especies	Especies endémicas
Didelphimorphia	1 (1)	2 (7)	2 (9)	1 (3)
Cingulata	1 (1)	1 (2)	1 (2)	0 (0)
Soricomorpha	1 (2)	2 (5)	2 (38)	1 (27)
Chiroptera	6 (8)	26 (68)	41 (139)	5 (18)
Lagomorpha	1 (1)	2 (3)	4 (14)	1 (8)
Rodentia	4 (8)	21 (41)	52 (248)	24 (138)
Carnivora	6 (6)	15 (22)	17 (32)	0 (2)
Artiodactyla	3 (4)	3 (7)	4 (10)	0 (1)
Total	23 (35)	72 (168)	123 (496)	32 (197)

Fuente: elaboración con base en referencias citadas en el texto.

Distribución geográfica

De manera general, la diversidad de mamíferos y de otros grupos biológicos de México es una combinación de elementos neárticos y neotropicales; sin embargo, en Zacatecas predominan los primeros, es decir, los mamíferos de origen templado, con 79 especies (65% del total). De las restantes 44 especies, 29 se distribuyen en Mesoamérica y 15 se comparten con Sudamérica. Por tanto, se puede considerar que el estado se ubica en un punto de transición entre la mastofauna neártica y neotropical, lo que se califica como ecotono zoogeográfico (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008).

Por tipo de vegetación potencial (Rzedowski 1990) se observó que el bosque de coníferas cuenta con el mayor número de especies registradas con 86 (70%), seguido del matorral xerófilo y el bosque tropical caducifolio con 81 cada uno (66%) y el pastizal con 59 (48%; figura 1).

Del total de los datos de mamíferos para el estado se obtuvieron registros en 54 municipios. Los principales son: Sombrerete con 456 (16%),

Valparaíso con 335 (12%), Mazapil con 266 (9%), Villa de Cos con 196 (7%), Fresnillo con 194 (7%) y Concepción del Oro con 139 (5%). El promedio de registros por municipio es de 51; 15 municipios cuentan con más de 50 registros, es decir que contienen 70% del total. Por número de especies hay 29 municipios que tienen entre una y 20, ocho con 21 a 40, y 18 con más de 41 especies. Los municipios con mayor riqueza son: Fresnillo con 65 (52% del total estatal), Sombrerete con 42 (33%) y Villa de Cos con 38 (30%). Los municipios con mayor número de especies y de registros presentan en su mayoría matorral xerófilo como tipo de vegetación predominante, mientras que los municipios con menor número presentan bosques de coníferas y selva baja (figura 2).

De acuerdo con la regionalización biogeográfica del país, en el estado se encuentran las siguientes provincias: Altiplano sur, Sierra Madre Occidental, Costa del Pacífico y Eje Neovolcánico (CONABIO 1997); de estas, únicamente se cuenta con registros de mamíferos para las tres primeras.

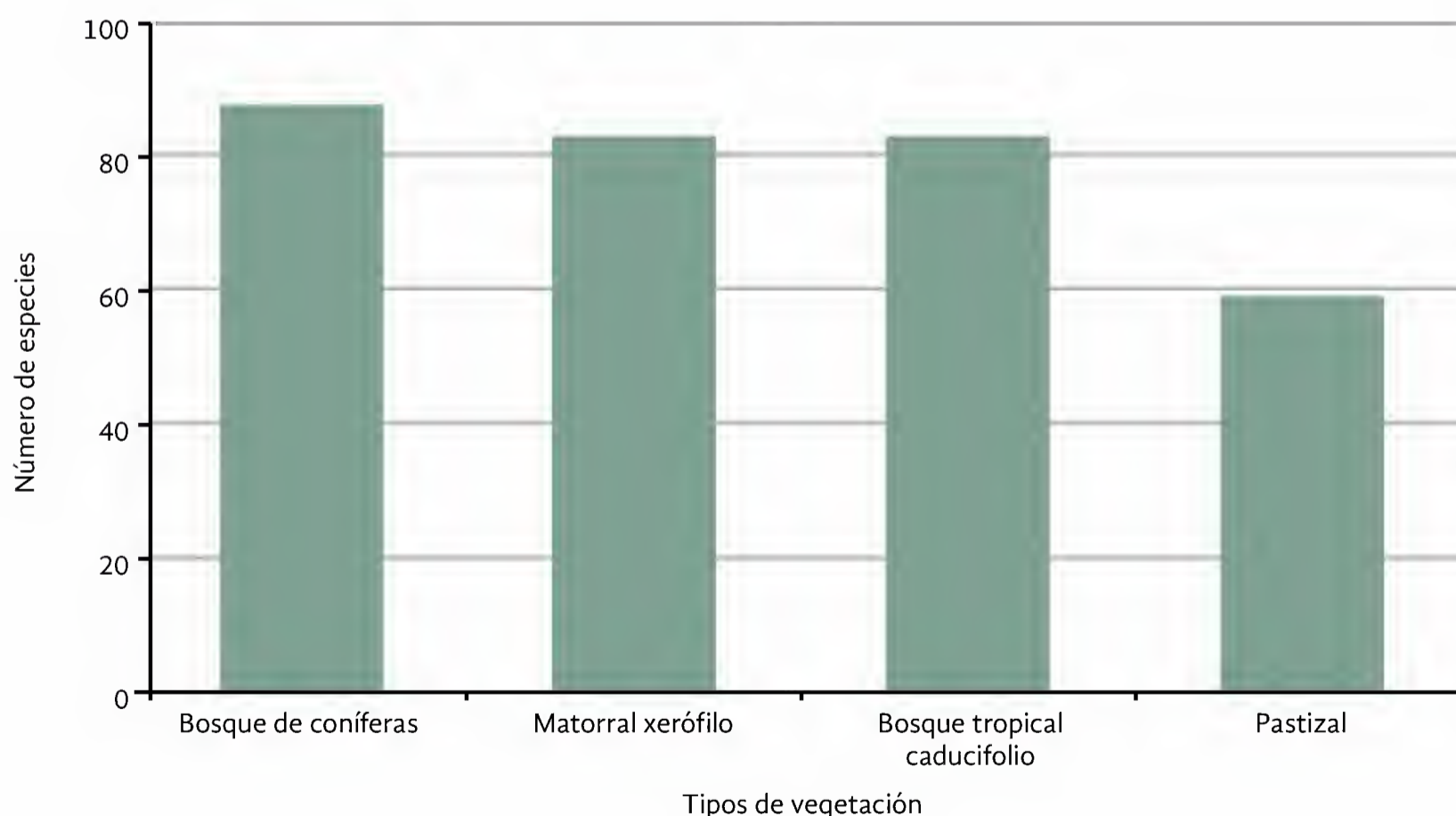


Figura 1. Registro de mamíferos por tipo de vegetación potencial según Rzedowski (1990). Fuente: elaboración con base en IG-UNAM e INEGI 2001.

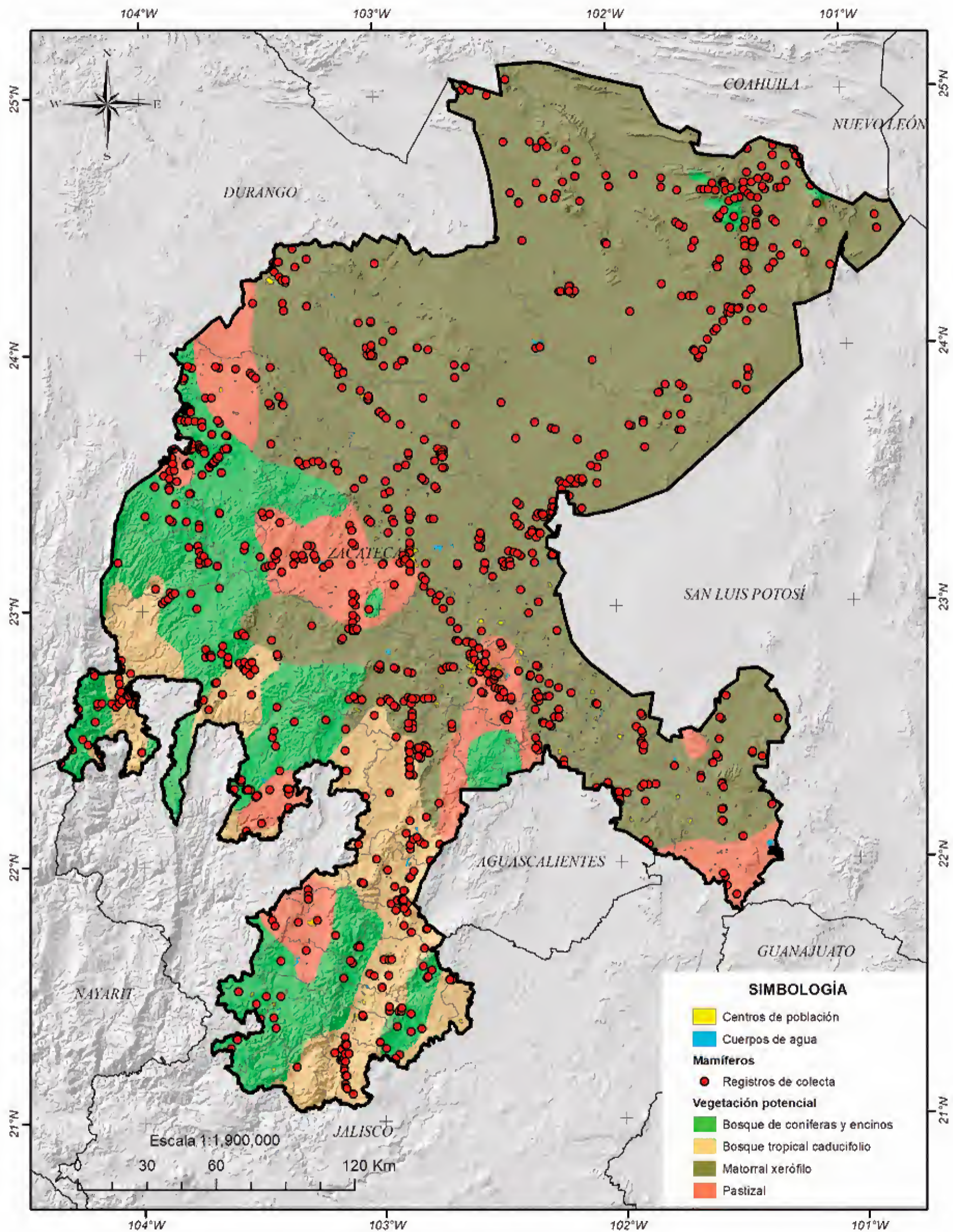


Figura 2. Registros de colecta de mamíferos. Se muestran municipios y tipos de vegetación potencial según Rzedowski (1990). Fuente: elaboración con base en Digital Chart of the World 1985.

En la provincia del Altiplano sur (zacatecano-potosino) se encuentra el mayor número de especies (98); asimismo, esta región incluye 1 951 (70%) de los registros. Por su parte, en la provincia de la Sierra Madre Occidental, que corresponde a la parte suroeste del estado, se hallaron 92 especies, pero únicamente 733 (26%) de los registros. La provincia de la Costa del Pacífico cuenta con 112 registros y 32 especies (cuadro 2).

Situación actual

Los mamíferos de México se encuentran actualmente bajo una fuerte presión derivada de las actividades antrópicas. En Zacatecas, los matorrales que cuentan con el mayor número de registros reportados han experimentado diversos grados de perturbación y se han convertido en matorrales secundarios o en terrenos agrícolas o pecuarios, sobre todo en las llanuras y sierras potosino-zacatecasas (Sánchez-Colón *et al.* 2009). Por ejemplo, para el año 2016 la vegetación del estado estaba distribuida de la siguiente manera: 29% matorral, 8.4% bosque, 5.9% pastizal, 0.6% selva, 0.1% vegetación hidrófila, 0.1% otros tipos de vegetación y 55.9% terrenos para la agricultura, zonas urbanas, áreas sin vegetación aparente, cuerpos de agua y vegetación secundaria (INEGI 2016). Lo anterior indica que para ese año, por lo menos la mitad del territorio del estado fue alterado de su vegetación natural (véase "Cambio de uso del suelo: afectaciones y procesos" en esta misma obra), lo que implica una fuerte reducción del área disponible para las poblaciones silvestres de mamíferos (véase "Efectos del cambio de uso del suelo en la distribución de tres especies de mamíferos" en esta

misma obra). De igual forma, la mayor parte de concesiones para explotar los recursos mineros se ubican principalmente en zonas de matorrales, bosque de coníferas y selva, como es el caso de Melchor Ocampo, Valparaíso y Villa Nueva (SGM 2011). Estas actividades, aunadas a la cacería de subsistencia, han tenido como resultado la reducción de las poblaciones de algunos mamíferos, poniendo en riesgo su sobrevivencia.

En general, los mamíferos de mayor tamaño son los más susceptibles de presentar problemas de conservación debido a sus grandes requerimientos de espacio. Por ejemplo, el berrendo (*Antilocapra americana*), que es el herbívoro de mayor tamaño presente en el país, habitaba todavía en Zacatecas en 1941, aunque al parecer en 1953 se observaron las últimas poblaciones naturales de San Luis Potosí (Valdés y Manterola 2001) y posiblemente de Zacatecas. Actualmente se encuentra en forma silvestre en los estados de Baja California Sur, Sonora y Chihuahua (Valdés y Manterola 2001). Otro caso es el lobo mexicano (*Canis lupus*), que habitaba en la parte norte del país, incluyendo a Zacatecas (Matson y Baker 1986); la subespecie *C. lupus baileyi* está considerada como probablemente extinta en el medio silvestre (SEMARNAT 2010). En general, los carnívoros, como el gato montés (*Lynx rufus*), el puma (*Puma concolor*), el oso negro (*Ursus americanus*), por mencionar algunos (Noss *et al.* 1996, Primack *et al.* 2001), son un grupo que requiere atención en este sentido, ya que diversas especies están bajo alguna categoría de protección (apéndice 22).

Se han realizado intentos por manejar y reintroducir algunas especies en el estado; por ejemplo,

Cuadro 2. Comparación de la cantidad de registros y especies de mamíferos por provincia biogeográfica en el estado.

Provincia	Registros	Especies	Endémicas
Altiplano sur	1 951 (70%)	98 (80%)	22 (18%)
Sierra Madre Occidental	733 (26%)	92 (75%)	25 (20%)
Costa del Pacífico	112 (4%)	32 (26%)	9 (7%)
Total	2 796	157	56

Los conteos de especies y endemismos consideran especies repetidas.

Fuente: elaboración propia.

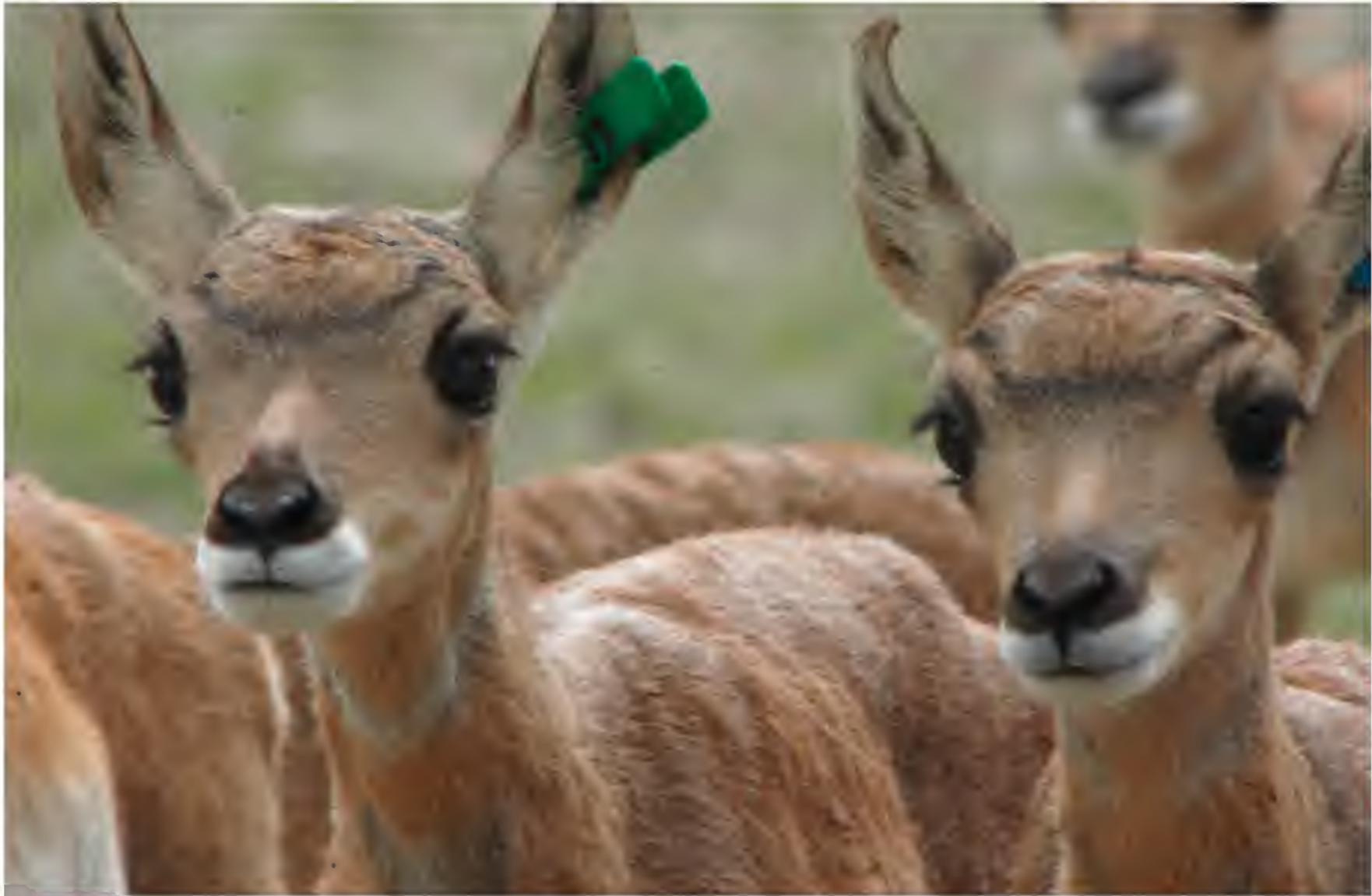


Figura 3. Crías de berrendo (*Antilocapra americana*). Foto: Gustavo Cervantes

en 2006 se transfirieron algunas crías de berrendo desde la península de Baja California con la intención de capacitar personal y tener una primera experiencia con los ranchos cinegéticos, los que posteriormente se integrarían al programa de repoblación en ese estado; sin embargo, se presentaron problemas de salud en las crías (figura 3, véase "Reintroducción del berrendo (*Antilocapra americana*)" en esta misma obra; SEMARNAT 2009). Otro caso es la reintroducción en 2011 de 100 ejemplares de ambos sexos de perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*) a la comunidad de Tanque Nuevo, en el municipio de Mazapil (IEMAZ 2011), a través de la Dirección General de Vida Silvestre, representando al gobierno federal, y mediante el Instituto de Ecología y Medio Ambiente (IEMAZ) por el gobierno estatal.

Conclusiones y recomendaciones

La información recabada sobre los diversos aspectos en los que se encuentra la mastofauna de Zaca-

tecas permite destacar varios puntos: 1) existe una fuerte asimetría en el esfuerzo de muestreo entre los municipios, pues 15 de los 58 municipios presentan 70% del total de los registros; 2) si bien al sobreponer las localidades de colecta de los ejemplares sobre un mapa de vegetación para obtener en qué asociación vegetal se encuentran, habría que considerar en qué año fueron colectados y relacionarlo con el cambio de uso de suelo; 3) en las áreas mejor trabajadas los registros se encuentran aglutinados en una porción pequeña del municipio, generalmente asociados a la presencia de carreteras (figura 4). Estos resultados resaltan la necesidad de desarrollar un esquema que permita ampliar y homogeneizar los estudios de campo a lo largo y ancho del estado, para tener un panorama más completo de la mastofauna y evitar sesgos en cuanto a los sitios muestreados.

A pesar de que Zacatecas tiene un espacio territorial de tamaño medio con respecto a los demás estados del país, sus áreas dedicadas a la

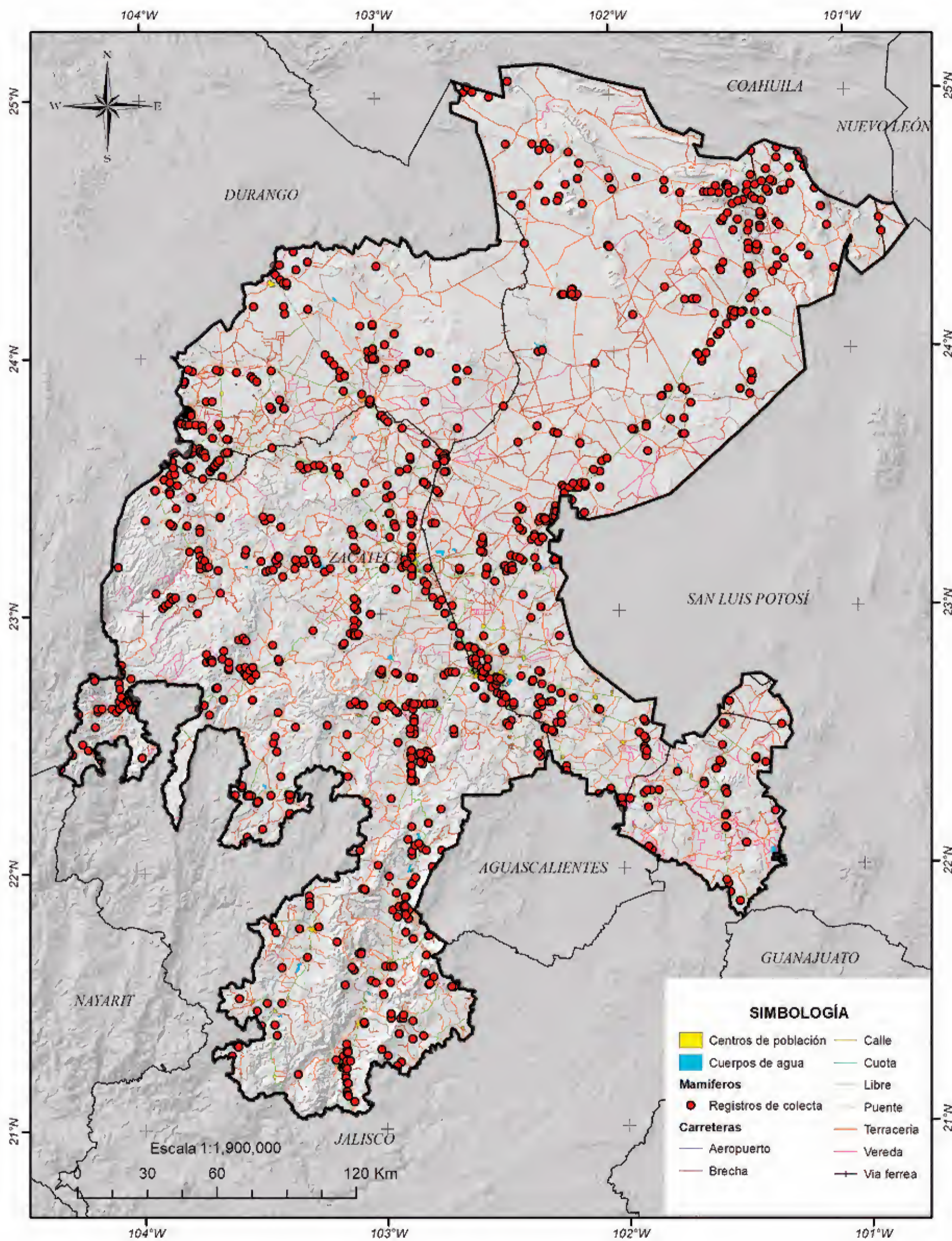


Figura 4. Registros de colecta de mamíferos. Se muestran municipios y carreteras del estado. Fuente: Digital Chart of the World 1985, INEGI 2010.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

conservación son escasas (INEGI 2006). Por ello es importante que a futuro se promueva la creación de áreas para la conservación de flora y fauna silvestres.

Finalmente, se debe fomentar la participación de distintos organismos, como el académico, el privado, el gubernamental y la sociedad en general,

para generar estrategias que permitan conocer la biodiversidad y conservar los remanentes de los escenarios geográficos que quedan a través del desarrollo de líneas de investigación, la definición de áreas de interés para la conservación, la recreación y la continuidad a los programas de reintroducción de especies nativas.

Referencias

- Ammerman, L.K., D.N. Lee y R.S. Pfau. 2016. Patterns of genetic divergence among *Myotis californicus*, *M. ciliolabrum*, and *M. leibii* based on amplified fragment length polymorphism. *Acta Chiropterologica* 18:337-347.
- Arita, H. y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:33-71.
- Baird, A.B., J.K. Braun, M.A. Mares *et al.* 2015. Molecular systematic revision of tree bats (Lasiurini): doubling the native mammals of the Hawaiian Islands. *Journal of Mammalogy* 96:1255-1274.
- Best, T.L. 1995. *Sciurus nayaritensis*. *Mammalian Species* 492:1-5.
- Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. 2013. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (nueva época)* 2:27-80.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, R. Medellín y Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:21-71.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO/FCE, México.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2017. *Apéndices I, II y III*. En: <<http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml>>, última consulta: enero de 2017.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1997. *Provincias biogeográficas de México escala 1:4 000 000*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>, última consulta: junio de 2011.
- Digital Chart of the World. 1985. *Red de carreteras escala 1: 1 000 000*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>, última consulta: enero de 2012.
- Edwards, C.W. y R.D. Bradley. 2001. Molecular phylogenetics of the *Neotoma floridana* species group. *Journal of Mammalogy* 82:791-798.
- Espinosa, D., S.O. Ocegueda, J. Llorente-Bousquets *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.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. 1999. *ArcView GIS 3.2*. ESRI, California.
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. *Acceso libre y gratuito a los datos de biodiversidad*. En: <<http://www.gbif.org/>>, última consulta: enero de 2017.
- Fernández, J.A., F.A. Cervantes y M.S. Hafner. 2012. Molecular systematics and biogeography of the Mexican endemic kangaroo rat, *Dipodomys phillipsii* (Rodentia: Heteromyidae). *Journal of Mammalogy* 93(2):560-571.
- Groves, C. y P. Grubb. 2011. *Ungulate taxonomy*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Hafner, D.J., M.S. Hafner, G.L. Hasty *et al.* 2008. Evolutionary relationships of pocket gophers (*Cratogeomys castanops* species group) of the Mexican altiplano. *Journal of Mammalogy* 89:190-208.
- Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- Helgen, K.M., F.R. Cole, L.E. Helgen y D.E. Wilson. 2009. Generic revision in the holarctic ground squirrel genus *Spermophilus*. *Journal of Mammalogy* 90:270-305.
- IEMAZ. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. 2011. *Reintroducción del perrito de la pradera*. En: <<http://iemaz.zacatecas.gob.mx/>>, última consulta: enero de 2012.
- IG-UNAM e INEGI. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. 2001. *Inventario Nacional Forestal 2000. Escala 1:250 000*. Instituto de Geografía-UNAM/INEGI, México.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2006. *Atlas. Situación actual de la división político-administrativa interestatal de los Estados Unidos Mexicanos*. En: <http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/atlas.pdf>, última consulta: enero de 2012.
- . 2010. *Áreas geoestadísticas municipales*. 2010. En: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>, última consulta: enero de 2012.
- . 2011. *México en cifras. Información nacional por entidad federativa y municipios*. En: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=32>>, última consulta: enero de 2012.
- . 2016. *Conociendo Zacatecas*. En: <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825217877.pdf>, última consulta: enero de 2017.
- Lee, T.E. Jr., B.R. Riddle y P.L. Lee. 1996. Speciation in the desert pocket mouse (*Chaetodipus penicillatus* Woodhouse). *Journal of Mammalogy* 77:58-68.
- López-González, C., D.F. García-Mendoza y M.A. Correa-Ramírez. 2013. Morphologic characterization of *Peromyscus schmidlyi* (Rodentia: Cricetidae), an endemic of the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Journal of Mammalogy* 94:923-937.
- López-Wilchis, R. y J. López-Jardines. 1998a. *Los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Vol. 1*. UAM Iztapalapa, México.
- . 1998b. *Los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Vol. 2*. UAM Iztapalapa, México.
- . 1998c. *Los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Vol. 3*. UAM, unidad Iztapalapa, México.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- MANIS. Mammal Networked Information System. 2012. *MaNIS Portal at the Museum of Vertebrate Zoology*. En: <<http://manisnet.org/>>, última consulta: enero de 2012.
- Mathis, V.I., M.S. Hafner, D.J. Hafner y J.W. Demastes. 2013. Resurrection and redescription of the pocket gopher *Thomomys sheldoni* from the Sierra Madre Occidental of Mexico. *Journal of Mammalogy* 94(3): 544-560.
- Matson, J.O. y R.H. Baker. 1986. Mammals of Zacatecas. *Special Publications of the Museum of Texas Tech University* 24:1-88.
- Noss, R.F., H.B. Quigley, M.G. Hornocker *et al.* 1996. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* 10:949-963.
- Pavan, A.C. y G. Marroig. 2016. Integrating multiple evidences in taxonomy: species diversity and phylogeny of mustached bats (Mormoopidae: *Pteronotus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 103:184-198.
- Primack, R., F. Massardo, R. Rozzi y R. Dirzo. 2001. Vulnerabilidad a la extinción. En: *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger *et al.* (eds.). FCE, México, pp. 161-181.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales y A. Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 21:21-82.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales y N. González-Ruiz. 2008. *Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto ES010*. UAM Iztapalapa, México.
- Redondo, R.A.F., L.P.S. Brina, R.F. Silva *et al.* 2008. Molecular systematics of the genus *Artibeus* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 49:44-58.
- Reeder, D.M., K.M. Helgen y D.E. Wilson. 2007. Global trends and biases in new mammal species discoveries. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 269:1-35.
- REMIB. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad. 2012. *Acceso a las bases de datos de los nodos*. En: <http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html>, última consulta: enero de 2012.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación potencial. iv.8.2. *Atlas nacional de México. Vol. II. Escala 1:4 000 000*. Instituto de Geografía-UNAM, México.
- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. *Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas)*. iv.8.3. *Atlas nacional de México. Vol. II. Escala 1:8 000 000*. Instituto de Geografía-UNAM, México.

- Sánchez Colón, S., A. Flores Martínez, I.A. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En: *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. R. Dirzo, R. González y I.J. Marchcomp (eds.). CONABIO, México, pp. 75-129.
- Sánchez-Cordero, V. 2016. Prólogo. En: *Riqueza y conservación de los mamíferos de México a nivel estatal, vol. I*. M. Briónes-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota et al. (eds.). Instituto de Biología-UNAM/Asociación Mexicana de Mastozoología (AMMAC)/Universidad de Guanajuato, México, pp. 14-15.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. *Programa de acción para la conservación de la especie: berrendo (Antilocapra americana)*. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies_priori/fichas/pdf/pace_berrendo.pdf>, última consulta: junio de 2011.
- . 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- SGM. Servicio Geológico Mexicano. 2011. *Panorama minero de los estados*. En: <<http://www.sgm.gob.mx/pdfs/ZACA-TECAS.pdf>>, última consulta: enero de 2012.
- Tejedor, A. 2011. Systematics of funnel-eared bats (Chiroptera: Natalidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 353:1-140.
- Treviño-Villarreal, J. y W.E. Grant. 1998. Geographical range of the endangered mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 79:1273-1287.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. *Lista roja de especies en riesgo*. En: <<http://www.iucn.org/es/sobre>>, última consulta: enero de 2017.
- Valdés, M. y C. Manterola. 2001. La conservación del berrendo (*Antilocapra mexicana*) en México. *Biodiversitas* 35:1-6.
- Vaughan, T.A., J.A. Ryan y N.J. Czaplewsk. 2010. *Mammalogy*. Jones & Bartlett Publishers, EUA.
- Wozencraft, W.C. 2005. Order Carnivora. En: *Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference*. D.E. Wilson y D.A.M. Reeder (eds.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, pp. 512-628.

El perrito llanero: el retorno de un pequeño gigante

Gustavo Cervantes González

El perrito llanero o perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*) es una especie de roedor terrestre, endémico de México; mide de 38 a 44 cm de largo y pesa de 0.7 a 1.4 kg (CONANP 2009). Forma colonias compuestas por varios grupos familiares con una compleja interacción social entre los individuos (figuras 1 y 2); moldean la superficie del terreno debido a la construcción de complicados túneles en cuyas entradas se forman montículos de tierra que les sirven como puesto de observación y de vigilancia contra depredadores (Ceballos y Wilson 1985). Se reproduce una vez al año, entre enero y abril (Mellink y Madrigal 1993). Su gestación dura un mes, como ocurre con otras especies del género, y tienen de dos a ocho crías por camada (Koford 1958).

Antiguamente, el perrito llanero se distribuía por toda la planicie central del Desierto

Chihuahuense, ocupando los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León (Hall 1981). Sin embargo, a causa de la destrucción de su hábitat y la cacería indiscriminada, su distribución se redujo drásticamente a tan solo 286 km² (Scott-Morales *et al.* 2004), lo que provocó su desaparición en Zacatecas (González-Saldívar 1990, Treviño-Villarreal 1990, Treviño-Villarreal y Grant 1998), donde Matson (1979) realizó el último registro en 1979.

Actualmente es considerada como una especie en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059 (SEMARNAT 2010); en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) está también catalogada como especie en peligro de extinción (UICN 2000) y en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES)



Figura 1. El perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) es un roedor endémico de México que está en peligro de extinción. Foto: Gustavo Cervantes.

Cervantes, G. 2020. El perrito llanero: el retorno de un pequeño gigante. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 290-293.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Figura 2. Grupo de perritos llaneros a la entrada de una madriguera en el ejido Tanque Nuevo, municipio de El Salvador. Foto: Gustavo Cervantes.

está incluida en el Apéndice 1, lo que significa que está prohibido su comercio internacional (CITES 2010).

El perrito llanero mexicano se considera un ingeniero del ecosistema, ya que directa o indirectamente modela el paisaje; modifica, mantiene y crea hábitat, y altera la disponibilidad de recursos para otras especies (Jones *et al.* 1997). De esta manera, al desaparecer de la mayor parte de su área de distribución, ocurrió una gran afectación a su ecosistema, se desplazó el pastizal por el matorral, lo que a su vez mermó la economía de la región al perderse las grandes áreas de apacentamiento que utilizaba el ganado.

Acciones de recuperación

En el marco del Programa de conservación de vida silvestre y diversificación productiva del sector rural de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y de la creación del Subcomité Técnico Consultivo Nacional para la Protección, Conservación y Recuperación del Perrito Llanero, en el año 2000 se inició un proyecto de reintroducción en Zacatecas (IEMAZ 2000).

El área de reintroducción se ubicó al noreste del estado, en el ejido de Tanque Nuevo del municipio El Salvador, que forma parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental. Dicho sitio se registró

como unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con una superficie de 5 mil hectáreas. Dentro de esta poligonal se seleccionó un área de 260 ha, la cual se excluyó de todo uso por cerca de cinco años con el objeto de recuperar el ecosistema para la reintroducción del perrito llanero. Así pues, en el año 2010 con la participación de PROFAUNA, la Dirección General de Vida Silvestre (DGVVS), la SEMARNAT y el Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas (IEMAZ) se reintrodujeron 100 perritos llaneros que fueron donados por el estado de Coahuila, donde se encuentra una de las colonias más cercanas al lugar de reintroducción (IEMAZ 2011).

Mediante acciones de seguimiento y monitoreo se ha observado una rápida y exitosa adaptación del perrito llanero al sitio de reintroducción. Por ejemplo, a lo largo del 2012 se observó un aumento en el número de madrigueras, de 124 en enero a 265 en diciembre (figura 3); asimismo, se registró la llegada de otras especies de fauna asociada al ecosistema, como el tecolote llanero (*Athene cunicularia*), el coyote (*Canis latrans*), la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*; figura 4), lo cual evidencia la recuperación del ecosistema.

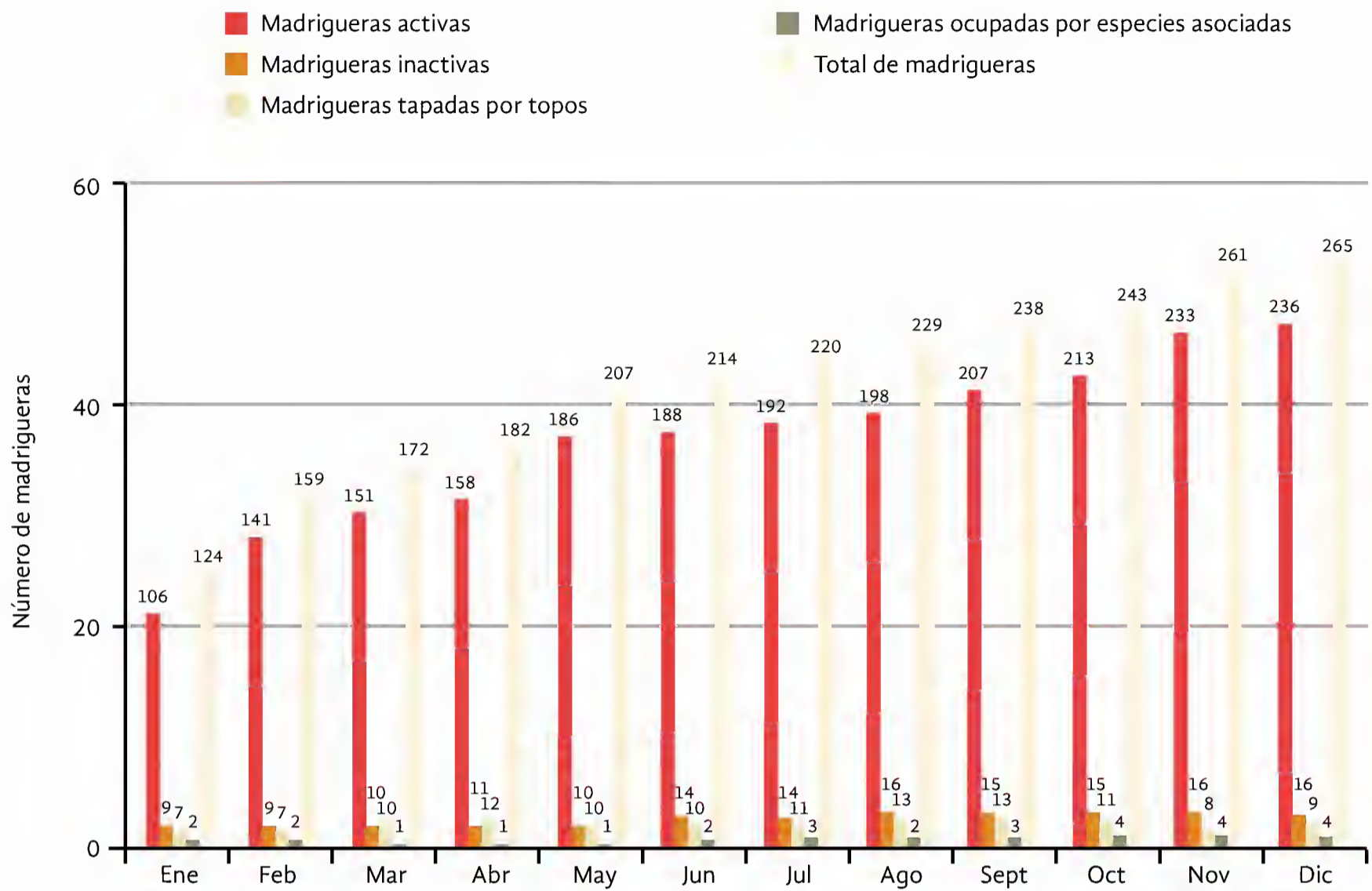


Figura 3. Resultados del conteo de madrigueras en el sitio de reintroducción del perrito llanero en Zacatecas entre enero y diciembre de 2012. Fuente: elaboración propia.

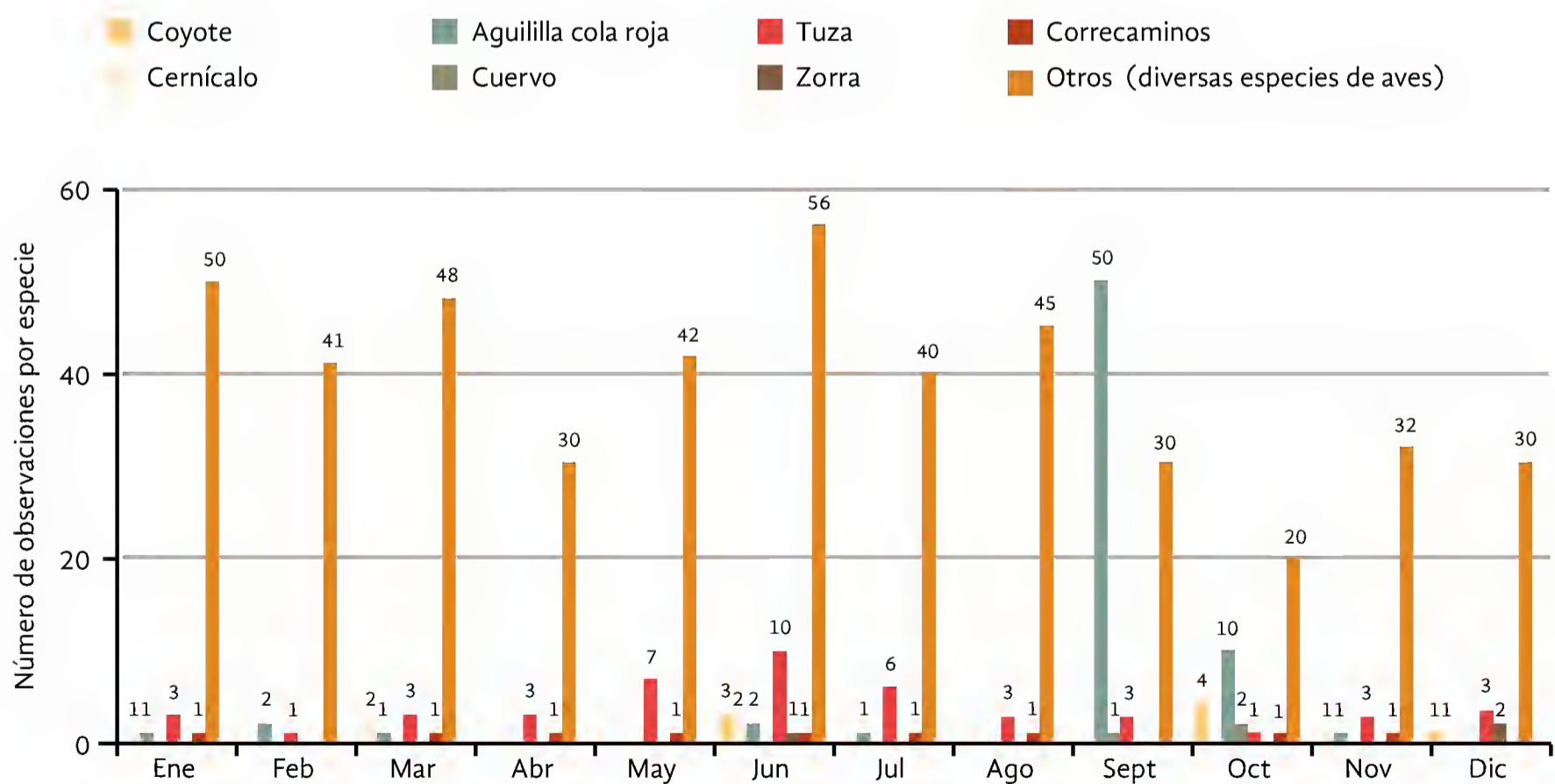


Figura 4. Especies de fauna asociada al hábitat del perrito llanero en el área de reintroducción de Zacatecas durante el 2012. Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Además, se contabilizó un número aproximado de 138 perritos, lo que significa un incremento poblacional de 38%, con una densidad de 17.28 individuos por hectárea.

Cabe mencionar que a través de Pronatura, A.C. se gestionaron recursos por cerca de dos millones de pesos para realizar obras de conservación y recuperación del ecosistema, así como la generación de empleo temporal para la comunidad de Tanque

Nuevo y Matehuapil, lo cual da muestra de que la conservación de la biodiversidad también puede ser favorable para la población si se realiza de manera seria y responsable. No obstante, este tipo de proyectos exige un mayor compromiso, tanto por parte de la sociedad en general como de las instancias oficiales y organizaciones civiles para el beneficio de otras especies y del ser humano.

Referencias

- Ceballos, G.E. y D.E. Wilson. 1985. *Cynomys mexicanus* (Merriam). *Mammalian Species* 248:1-3.
- CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2010. *Listado vigente de las especies incluidas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)*. En: <<http://www.cites.org/eng/resources/species.html>>, última consulta: noviembre de 2013.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2009. *Fichas de identificación Cynomys mexicanus*. En: <http://www.conanp.gob.mx/pdf_especies/perrito_de_las_praderas.pdf>, última consulta: 22 de noviembre de 2013.
- González-Saldívar, F.N. 1990. *Der präriehund (Cynomys mexicanus merriam, 1892) im nordosten Mexikos. Entwicklung eines modelles zur beurteilung seines lebensraumes*. Disertación de la Facultad de Biología de la Universidad Ludwig-Maximilians, Munich.
- Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Nueva York.
- IEMAZ. Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas. 2000. *Proyecto de reintroducción de perrito llanero*. Gobierno del Estado de Zacatecas, México (inédito).
- . 2011. *Proyecto de reintroducción de perrito llanero*. Gobierno del Estado de Zacatecas, México (inédito).
- Jones, C.G., J.H. Lawton y M. Shachak. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78(7):1946-1957.
- Koford, C.B. 1958. Prairie dogs, whitefaces, and blue grama. *Wildlife Monographs* 3:78.
- Matson, J.O. 1979. *An analysis of rodent distribution patterns in Zacatecas, Mexico*. Tesis de doctorado. Michigan State University, East Lansing.
- Mellink, E. y H. Madrigal. 1993. Ecology of mexican prairie dogs, *Cynomys mexicanus* in El Manantial, northeastern Mexico. *Journal of Mammalogy* 74(3):631-635.
- 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. Texto vigente.
- Scott-Morales L., E. Estrada, F. Chávez-Ramírez y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distribution of the mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 85(6):1095-1101.
- Treviño-Villarreal, J. 1990. The annual cycle of the mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 139:1-27.
- Treviño-Villarreal, J. y W.E. Grant. 1998. Geographic range of the endangered mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* (79):1273-1287.
- IUCN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2000. *The 2000 IUCN red list of threatened species*. IUCN, Suiza.

Avances en el conocimiento de la diversidad genética en Zacatecas

Marisa Mercado Reyes • Landy Jannet Santos Cruz • Jesús Patricio Tavizón García

La biodiversidad es el producto de la evolución de las especies; es generada por modificaciones dentro de sus genes (ácido desoxirribonucleico; ADN) que ajustan las secuencias de los nucleótidos (genotipo) para conformar las características físicas específicas de cada especie (fenotipo). Este proceso, a su vez, es afectado por la adaptación de los organismos a los cambios ambientales, lo que da como resultado la gran diversidad genética de la vida (Frankham *et al.* 2002, Toro y Caballero 2005, Avise *et al.* 2008). Este fenómeno natural forma parte de la base teórica de una disciplina importante en la generación de datos e información biológica de las especies: la genética de la conservación, que se refiere al estudio de los factores genéticos de las especies y su manejo para disminuir el proceso de extinción de la biodiversidad (Frankham *et al.* 2002). Los marcadores moleculares son la principal herramienta utilizada para la evaluación de la diversidad genética (Avise 2004), lo que permite la creación de estrategias de manejo y conservación de la biodiversidad acordes con los procesos biológicos de cada especie (Espinosa 2003).

Perspectiva nacional

En México, la genética de la conservación comienza a tener auge entre los grupos de investigación, lo que se refleja en un aumento de las reuniones científicas nacionales y en estudios referentes a esta rama, quienes ya la consideran como una disciplina de gran importancia para la conservación de la biodiversidad mexicana. Aun así, el conocimiento todavía es insuficiente y en algunas regiones inexistente. Al respecto, se han realizado

análisis genéticos en alrededor de 200 especies, entre las que se encuentran algunos microorganismos, plantas y animales; esta información es minúscula en comparación con la gran biodiversidad mexicana. Algunos órdenes de mamíferos mexicanos en los que se han realizado estudios de genética son: Chiroptera, Rodentia, Cetacea, Carnivora, Insectivora, Artiodactyla y Pinnipeda (Vázquez-Domínguez y Vega 2006).

Para las especies de importancia alimenticia, como el guayabo y el chile, aunque los estudios genéticos se realizaron durante la década de los treinta y se relacionaron de manera importante con la agricultura, todavía no se forman grupos de investigación específicos para el estudio de la diversidad genética de estas especies (Piñero *et al.* 2008).

Avances a nivel local

En Zacatecas, la información referente a la diversidad genética es escasa o nula a pesar de su riqueza biológica, solo se cuenta con estudios realizados en otros países o estados de la república sobre algunas especies de relevancia, como el pino azul (*Pinus maximartinezii*; Ledig *et al.* 1999, 2001) y el pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*; McCracken *et al.* 2001, Kulikova *et al.* 2004, 2005). Otras especies estudiadas en cuanto a su variabilidad genética, y que son de importancia alimentaria, son el guayabo (*Psidium guajava*; Tapia y Legaria 2007) y el chile poblano (*Capsicum annum*; Contreras 2011).

Si bien existen algunos grupos de investigación con la capacidad y la infraestructura para generar conocimiento en los campos de la genética y de la biodiversidad, no existe personal capacitado en

Mercado Reyes, M., L.J. Santos C. y P. Tavizón García. 2020. Avances en el conocimiento de la diversidad genética en Zacatecas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 294-296.

la rama de la conservación biológica (biología y genética de la conservación, ecología molecular, etc.), lo que conlleva a una insuficiente información acerca del conocimiento genético y el manejo de la biodiversidad.

Dentro de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas existen grupos de investigación que realizan estudios a nivel genético enfocados principalmente en la alimentación y la economía regional, con especies como el frijol, chile y agave (para la producción del mezcal). Por otro lado, en la misma institución se comenzaron a conformar grupos de investigación enfocados en el conocimiento genético de la biodiversidad desde el punto de vista sistemático y de la genética poblacional. De este último se desprenden estudios acerca de la dinámica poblacional de especies como el pato triquero (*A. platyrhynchos diazi*; Mercado 2012) y el águila real (*Aquila chrysaetos*; Juárez 2012); ambos son organismos que se distribuyen de forma natural en la región y que se encuentran enlistados en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Aunque lo anterior es un avance importante en la difusión de

información de la diversidad genética, todavía prevalece la necesidad de mayor investigación en la materia para la región (Piñero *et al.* 2008) y para todo el país.

Conclusiones

Existe poco avance en la generación de conocimiento genético de la biodiversidad en la región, lo que se ve potencializado por la falta de información referente a la biología de las especies, su estatus, condiciones y características poblacionales. Por otro lado, la capacitación de recursos humanos especializados en biología de la conservación y, en específico, en genética de la conservación, es indispensable para expandir la perspectiva acerca de la diversidad genética y su importancia dentro de la conservación de la biodiversidad.

Por lo anterior, se requiere una mayor difusión de la relevancia del conocimiento de la biodiversidad a nivel genético con el fin de impulsar la generación de estudios referentes a esta rama, tanto para la flora y la fauna de la región, las cuales, debido a diversos factores ambientales y antropogénicos, son vulnerables a la extinción.

Referencias

- Avise, J.C. 2004. *Molecular markers, natural history, and evolution*. Sinauer Associated Inc., EUA.
- Avise, J.C., S.P. Hubbell y F.J. Ayala. 2008. *In the light of evolution II: biodiversity and extinction*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Contreras, A.R.T. 2011. *Análisis de la diversidad genética de variedades nativas de chile "poblano" por medio de microsatélites*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco.
- Espinosa, M.A. 2003. Sistemática y evolución molecular: su importancia en la conservación de las aves. En: *Conservación de aves: experiencias en México*. S.H. Gómez y A. Oliveras de Ita (eds.). CONABIO/CIPAMEX/National Fish and Wildlife Foundation, México, pp. 290-324.
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University, Cambridge.
- Juárez, F.I. 2012. *Determinación de la distribución de microsatélites de ADN de águila real (Aquila chrysaetos) en poblaciones nativas*. Tesis de licenciatura. Unidad Académica de Ciencias Químicas-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Kulikova V.I., V.D. Sergei, D.D. Gibson *et al.* 2005. Phylogeography of the mallard (*Anas platyrhynchos*): hybridization, dispersal, and lineage sorting contribute to complex geographic structure. *Auk* 122(3):1-17.
- Kulikova, V.I., Y.N. Zhuravlev y K.G. MacCraken. 2004. Asymmetric hybridization and sex biased gene flow between eastern spot-billed ducks (*Anas zonorhyncha*) and mallards (*A. platyrhynchos*) in the russian far east. *Auk* 121(3):930-949.
- Ledig, T.F., T.M. Conkle, B. Bermejo-Velázquez *et al.* 1999. Evidence for an extreme bottleneck in a rare mexican pinyon: genetic diversity, disequilibrium, and the mating system in *Pinus maximartinezii*. *Evolution* 53(1):91-99.

- Ledig, T.F., A.M. Capo-Arteaga, D.P. Hodgskiss *et al.* 2001. Genetic diversity and the mating system of a rare mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). *American Journal of Botany* 88(11):1977-1987.
- McCracken, K.G., W.P. Johnson y F.H. Sheldon. 2001. Molecular populations genetics, phylogeography, and conservation biology of the mottled duck (*Anas fulvigula*). *Conservation Genetics* 2:87-102.
- Mercado, M. 2012. *Ecología y genética de la conservación del pato triguero Anas platyrhynchos diazi en el Altiplano Zacatecano*. Tesis de doctorado en ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León.
- Piñero, D., A. Barahona, L. Eguiarte *et al.* 2008. La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 437-494.
- 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. Texto vigente.
- Tapia, D. y J.P.S. Legaria. 2007. Variabilidad genética en cultivos de guayabo (*Psidium guajava* L.). *Revista Fitotécnica Mexicana* 30(4):391-401.
- Toro, M.A. y A. Caballero. 2005. Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:1367-1378.
- Vázquez-Domínguez, E. y R. Vega. 2006. ¿Dónde estamos y hacia dónde vamos en el conocimiento genético de los mamíferos mexicanos? En: *Genética y mamíferos mexicanos: presente pasado y futuro*. E. Vázquez-Domínguez y D.J. Hafner (eds.). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 32, EUA, pp. 67-73.

Situación y perspectivas de la investigación sobre biodiversidad

Daniel Hernández Ramírez • Héctor Ávila Villegas

El quehacer científico representa uno de los principales motores del desarrollo social, económico y cultural de cualquier país. En materia de biodiversidad, la investigación aporta información esencial para su aprovechamiento sustentable y conservación. Aunque en México el conocimiento biológico se remonta a la época de la Colonia, a través de trabajos descriptivos de la flora y fauna local por parte de los exploradores españoles, la investigación biológica formal inició hasta finales del siglo XIX con la creación de algunos centros de investigación, sociedades, publicaciones y colecciones biológicas (Llorente-Bousquets *et al.* 2008). Luego de un periodo de recesión por los problemas políticos, económicos y sociales relacionados con la Revolución, se fundaron las instancias más influyentes en estudios sistemáticos sobre biodiversidad, como el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1928, la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en 1934 y la Facultad de Ciencias de la UNAM (1935), entre otras; a partir de la década de los setenta se dio mayor auge a la investigación con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la apertura de nuevos centros de investigación y la puesta en marcha de un sistema de becas para la formación de nuevos investigadores (Peña 1995, Llorente-Bousquets *et al.* 2008).

El grado de conocimiento sobre el capital natural de México es considerable, lo que se manifiesta con la presencia de diversas instituciones de investigación, de enseñanza, sociedades científicas, colecciones biológicas, la

profesionalización de la disciplina y la publicación de múltiples revistas y libros especializados (Llorente-Bousquets *et al.* 2008). Sin embargo, la concentración de estas instituciones y sus productos en la capital y algunas otras ciudades del país, genera ciertas desventajas en las entidades con respecto al grado de conocimiento de la biodiversidad y su problemática a nivel local y, en consecuencia, con su capacidad de respuesta para la conservación y aprovechamiento sustentable.

En este contexto, el presente capítulo tiene como propósito analizar los avances y perspectivas de la investigación sobre biodiversidad en el estado utilizando como referentes a: 1) las instituciones de investigación presentes en la entidad; 2) los miembros del sistema nacional de investigadores (SNI) radicados en el estado; y 3) los proyectos realizados en la materia a nivel local en los últimos años.

Instituciones de investigación sobre biodiversidad

En Zacatecas existen únicamente tres instituciones de investigación sobre biodiversidad que representan 1.9% del total nacional (160 instituciones totales; Llorente-Bousquets *et al.* 2008). Entre ellas destaca la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) que, a través de sus unidades académicas de agronomía, medicina veterinaria y zootecnia, y de ciencias biológicas, ha realizado diversos trabajos en materia de biodiversidad. Entre ellos sobresalen el registro de la flora y los tipos de vegetación del estado, plantas útiles, fitorremediación, así como los primeros trabajos en materia de conservación y manejo de fauna

Hernández-Ramírez, D. y H. Ávila-Villegas. 2020. Situación y perspectivas de la investigación sobre biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 297-301.

silvestre, además sobre algunos invertebrados y ciertos grupos de vertebrados del estado, muchos de los cuales se incluyen en esta misma obra.

Se encuentra también la Universidad Autónoma Chapingo, a través del Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN), dedicada a la docencia, la vinculación y la difusión en las áreas agrícolas y pecuarias, principalmente. En esta institución destacan los trabajos sobre el pino azul. Por su parte, de índole gubernamental, a nivel federal, se cuenta con el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), enfocado en la investigación y la transferencia de tecnología en las áreas agrícola y pecuaria, con importantes trabajos en materia de conservación y uso sustentable de pastizales, entre otros.

Finalmente es importante destacar que muchas otras instituciones en Zacatecas constantemente realizan valiosas aportaciones al conocimiento de la diversidad biológica local, aun cuando esta actividad no forma parte de sus atribuciones y objetivos. Entre ellas destacan las del sector ambiental federal, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), y a nivel estatal la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA), antes Instituto de Ecología y Medio Ambiente (IEMAZ). La información generada por estas instituciones, como listados de especies, inspecciones de campo, caracterizaciones ambientales, entre otras, ha favorecido la toma de acciones en favor de la protección, conservación y uso racional de la biodiversidad, aun cuando no posee un estricto rigor científico. Asimismo, organizaciones de la sociedad civil, como algunas consultorías ambientales, generan información valiosa durante la elaboración de manifiestos de impacto ambiental o estudios técnicos justificativos, aunque esta no siempre es depositada o publicada en medios de difusión científica, quedando plasmada únicamente en los documentos técnicos.

Investigadores en materia de biodiversidad

Como un indicador del potencial humano altamente calificado para desarrollar labores de investigación sobre biodiversidad en Zacatecas, se tomó como referente la base de datos del sistema nacional de investigadores (SNI 2013), el cual es un esquema desarrollado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para fomentar y reconocer la labor científica de los investigadores en México.

Hasta agosto del 2013, en Zacatecas se contaba con 161 investigadores miembros del SNI distribuidos en siete instituciones. Nuevamente, destacó la UAZ por su mayor representatividad con 89.4% del total, mientras que el resto de los investigadores pertenecía al INIFAP y a la Universidad Autónoma Chapingo, entre otras instituciones. Al analizar las áreas de conocimiento de dichos investigadores, se observó que solo 40 (24.84%) se dedican a las ciencias biológicas (figura 1). De estos, solo siete (4.3% del total de las áreas de investigación) se destinan al estudio en campos de las ciencias de la vida, mientras que 95.7% (154 investigadores) se ocupa de otros campos, como las ciencias agronómicas y veterinarias, ciencias de la tecnología, física, historia, sociología, matemáticas, medicina y patología humana, filosofía y ciencias económicas (COZCYT 2013). De los siete investigadores del campo de las ciencias de la vida (figura 1), la mayoría perfila sus investigaciones en materia agronómica o de medicina humana.

De esta manera, se puede observar que de 161 investigadores que pertenecen al SNI en Zacatecas, existe una mínima fracción dedicada al estudio de la diversidad biológica nativa, lo que deriva en la ausencia de investigación y la falta de información de alto nivel en temas prioritarios como: conocimiento, conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestres, conservación de ecosistemas prioritarios, diseño y manejo de corredores biológicos, conservación de especies en riesgo y prioritarias, evaluación y atención a las especies invasoras, vulnerabilidad al cambio

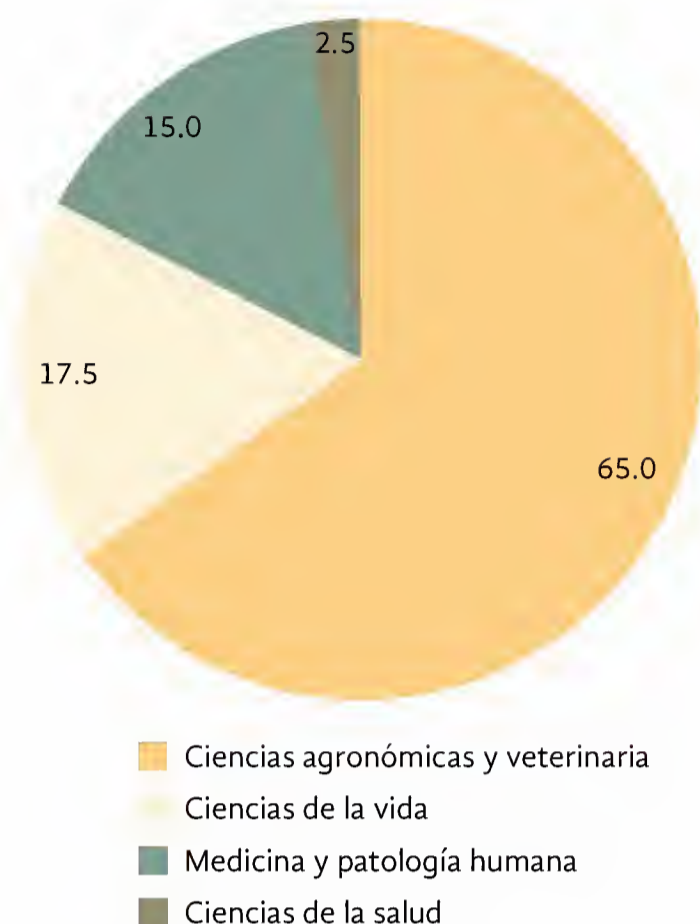


Figura 1. Porcentaje de investigadores del SNI pertenecientes a las ciencias biológicas. Fuente: elaboración con datos del SNI 2013.

climático, restauración de ecosistemas, conocimiento y uso tradicional de la biodiversidad.

Proyectos de investigación en materia de biodiversidad en Zacatecas

Finalmente, otra manera de entender la situación que guarda la investigación sobre biodiversidad en Zacatecas es a través de los proyectos realizados o en proceso de ejecución. Para ello, se consultaron dos fuentes de información: 1) el registro de los apoyos otorgados por Fondos Mixtos (FOMIX) CONACYT-Gobierno del Estado y 2) los proyectos apoyados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Entre el 2002 y 2013 se apoyaron 158 proyectos a través de FOMIX en Zacatecas, de los cuales solo 20 (12.6%; cuadro 1) abordaron temas relacionados con la biodiversidad: nueve sobre flora, tres de fauna, dos sobre ecosistemas, dos de ordenamiento territorial, y uno cada uno de los siguientes temas: ecoturismo, cambio climático, base de datos ambientales y laboratorio sobre

fauna silvestre (CONACYT 2013). Destaca el año 2003 con la mayor cantidad de proyectos aprobados y recursos asignados, mientras que durante 2006, 2007 y 2010 no hubo uno solo (cuadro 1). En cuanto a las instituciones que fueron sujetas a los apoyos de FOMIX, la UAZ tuvo 75% con 15 proyectos; la Universidad Autónoma Chapingo y el INIFAP, 10% con dos proyectos, respectivamente; y El Colegio de la Frontera Norte, A.C., 5% con un proyecto aprobado.

En lo que respecta a los proyectos de investigación apoyados por la CONABIO en Zacatecas, de 1994 al 2012 se han financiado 30 estudios: 16 sobre flora, 13 sobre fauna y uno en materia de conservación (CONABIO 2013). Destaca el 2012 con la mayor cantidad de recursos asignados, mientras que de 1999 al 2001, 2003 y 2011 no hubo proyectos (cuadro 2). Cabe mencionar que 26 de los 30 trabajos fueron realizados por instituciones de otros estados como el IPN, la UNAM, la Universidad de Guadalajara, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, la Universidad Autónoma de Querétaro, entre otras, mientras que solo cuatro fueron realizados desde Zacatecas (tres por parte del Herbario de la Unidad Académica de Agronomía

Cuadro 1. Número de proyectos en materia de biodiversidad apoyados a través de FOMIX en Zacatecas y recursos aplicados entre 2002-2013.

Año	Proyectos	Monto (pesos)
2013	Sin dato	Sin dato
2012	Sin dato	Sin dato
2011	1	299 886.00
2010	0	0.00
2009	1	496 264.54
2008	1	1 999 337.00
2007	0	0.00
2006	0	0.00
2005	4	3 919 972.00
2004	3	1 018 000.00
2003	9	1 802 202.00
2002	1	600 000.00
Total	20	10 135 661.54

Fuente: CONACYT 2013.

y uno del Departamento de Ecología e Inmunobiología de la Unidad Académica de Biología Experimental, ambas pertenecientes a la UAZ).

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de las instituciones de investigación, de los miembros del SNI y de los proyectos realizados en la materia en el estado de Zacatecas durante los últimos años, constituye una buena aproximación para evaluar las capacidades y perspectivas que se tienen de este rubro en las agendas científica y ambiental de la entidad.

Las instituciones de investigación en materia de biodiversidad en el estado tienen poca representatividad si su número se compara con el total existente a nivel nacional (tres de 160 instituciones en el país). Entre ellas, destaca la UAZ en donde poco a poco se están realizando proyectos de investigación cada vez más enfocados en estudiar la diversidad biológica nativa; no obstante, esta institución todavía no cuenta con líneas de investigación, infraestructura, ni equipos de trabajo bien definidos y consolidados en la materia. Por su parte, las otras dos instituciones de investigación (INIFAP y Universidad Autónoma Chapingo), por su naturaleza, realizan investigaciones sobre temas de corte primordialmente agropecuario. De esta manera, Zacatecas padece la falta de investigación de alto nivel en diversos temas prioritarios en materia de biodiversidad. Muestra de ello es que menos de 4% de los 161 investigadores que pertenecen al SNI en la entidad dedica sus investigaciones al estudio de la diversidad biológica nativa.

La cantidad de proyectos en materia de biodiversidad aprobados en Zacatecas a través de los FOMIX durante los últimos diez años y por la CONABIO durante los últimos 20 años, no supera los 50 proyectos ni los 20 millones de pesos en total, mientras que el presupuesto asignado al fomento a la agricultura en el estado de Zacatecas tan solo en el año 2013 (una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad) es 15 veces mayor (Congreso del Estado 2012). Además destaca el hecho de que la mayoría de los proyectos de

Cuadro 2. Número de proyectos en materia de biodiversidad apoyados por la CONABIO en Zacatecas y recursos aplicados entre 1994-2012.

Año	Proyectos	Monto (pesos)
2012	5	2 490 478.87
2011	0	0.00
2010	5	1 691 150.00
2009	4	935 700.00
2008	1	27 519.25
2007	3	585 500.00
2006	1	270 000.00
2005	1	1 083 987.42
2004	1	208 200.00
2003	0	0.00
2002	2	364 600.00
2001	0	0.00
2000	0	0.00
1999	0	0.00
1998	1	99 360.00
1997	2	217 350.00
1996	2	270 413.30
1995	1	32 430.00
1994	1	84 640.00
Total	30	8 361 328.84

Fuente: CONABIO 2013.

investigación en materia de biodiversidad apoyados por la CONABIO fueron realizados por instituciones de otros estados del país.

En Zacatecas es prioritario fortalecer las capacidades locales para generar oportunamente conocimiento de calidad en torno a su capital natural y que sirva como línea base para la mejor toma de decisiones respecto de su uso, manejo, conservación y aprovechamiento sustentable. Para ello, es fundamental seguir apoyando la creación de licenciaturas y posgrados en la materia; un buen avance en este sentido ha sido la creación en el año 2011 de la licenciatura en biología de la UAZ. Asimismo, es imperativo fomentar en la población zacatecana, principalmente del nivel educativo básico y medio, el interés por el conocimiento de la biodiversidad nativa (ecosistemas y especies) y eliminar la falsa

creencia de que en el estado hay poca biodiversidad. Para ello se requiere la creación de espacios educativos y de investigación científica, en donde se aborden diversos aspectos en la materia, tales como jardines botánicos, colecciones zoológicas y botánicas, institutos de investigación, centros de monitoreo biológico, museos o espacios temáticos.

Finalmente, para estar a la vanguardia a nivel nacional e internacional, se debe conformar un sistema de información (digital y documental) especializado en materia de biodiversidad, donde se concentre la información de las instituciones e investigadores, ecosistemas, especies, etc., que sirva

también para difundir la información, así como para crear redes de vinculación dentro del sector académico, pero sobre todo, de este con el sector gubernamental.

Todas las acciones que aquí se recomiendan se pueden implementar a través de una entidad gubernamental especializada en materia de biodiversidad (una comisión estatal de biodiversidad) con carácter autónomo y presupuesto propio, que sirva de interlocutor entre la sociedad, la academia y el gobierno, y a través de la cual se coadyuve en la toma de decisiones de conservación y uso sustentable del capital natural del estado.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. *Proyectos apoyados en el estado de Zacatecas*. CONABIO, México.
- CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2013. *Convocatorias cerradas de fondos mixtos constituidos de Zacatecas*. En: <<http://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-mixtos-constituidos/convocatorias-fondos-mixtos-constituidos-zacatecas/convocatorias-cerradas-fondos-mixtos-constituidos-zacatecas>>, última consulta: septiembre de 2013.
- Congreso del Estado. 2012. *Presupuesto de egresos del estado de Zacatecas para el ejercicio fiscal 2013*. Publicado el 29 de diciembre de 2012 en el Periódico Oficial del Estado.
- COZCYT. Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2013. *Sistema nacional de investigadores-estado de Zacatecas*. COZCYT, México.
- Llorente-Bousquets, J., L. Michán Aguirre, J. González González y V. Sosa Orteaga. 2008. Desarrollo y situación del conocimiento de las especies. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 193-214.
- Peña, A. 1995. La investigación científica en México. Estado actual, algunos problemas y perspectivas. *Perfiles educativos* 67:1-9.
- SNI. Sistema Nacional de Investigadores. 2013. *Investigadores en el estado de Zacatecas*. CONACYT, México.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección IV

USOS DE LA BIODIVERSIDAD

Resumen ejecutivo

Usos de la biodiversidad

Daniel Hernández Ramírez

En la presente sección se muestran distintos acercamientos al uso de la biodiversidad en Zacatecas y se incluyen algunas consideraciones y recomendaciones, pues se considera que este conocimiento es relevante por sus repercusiones en la conservación y por la identidad cultural del estado, ya que algunas prácticas son tradicionales de la región.

El desconocimiento de grupos específicos ha traído como consecuencia la proliferación de falsas creencias que pueden llegar a incidir de manera negativa en la biodiversidad. Tal es el caso de los anfibios y reptiles, quienes han sufrido los efectos del miedo y el rechazo provocados por el recurrente temor a su veneno, llegando al borde de la exageración hacia los que sí lo son y dando esa propiedad a los que no. A lo anterior se suman otros factores, como el consumo de carne de serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.) con la idea de que confiere beneficios a la salud (lo cual no se ha comprobado), ocasionando que muchas especies sean sacrificadas. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de una urgente estrategia de difusión y divulgación de características reales de estos grupos a lo largo y ancho del estado.

Otro recurso que se usa, aprovecha y es aparentemente abundante al noreste del estado, es el sotol (*Dasyilirion cedrosanum*). Se utiliza como prebiótico, de lo cual no se tiene evidencia confiable, aunque se sabe de sus características digestivas; como forraje para cabras y borregos en temporada de secas a una escala reducida pero significativa; además de materia prima en la construcción de corrales y casas, así como para la elaboración de esteras y cestos. Pero, sin lugar a dudas, el uso más arraigado (desde antes del siglo xvii) es la producción de la

bebida alcohólica llamada sotol. Para todos y cada uno de estos aprovechamientos es necesario considerar el análisis e implementación de enfoques sustentables para no afectar sus poblaciones naturales y arriesgar la continuidad de la especie.

En el cerro Las Ventanas, municipio de Juchipila, se usa parte de la flora con fines medicinales. En el sitio, que es una zona arqueológica, se localizaron 249 especies, de las cuales, 27 (10.8%) son empleadas por gente de comunidades aledañas como medicinal, una práctica posiblemente acentuada por la lejanía de los centros de salud, pues se cree que puede remediar problemas respiratorios, diabetes, fertilidad y desnutrición, entre otros. Lo anterior representa una oportunidad de aprovechamiento y rescate del conocimiento tradicional que pudiera ser replicado en el resto del estado. Si bien ninguna de las especies utilizadas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010, no debe ser descartada la sugerencia de protección local o estatal.

De forma similar se presenta un análisis del conocimiento de las plantas útiles en el municipio de Juan Aldama, al norte del estado. Se conformó un registro de 309 especies de plantas, de las cuales 184 (59.5%) tiene algún uso, ya sea medicinal, como el hojasén (*Flourensia cernua*) y la mariola (*Parthenium incanum*), las cuales son apreciadas por sus beneficios gástricos; comestible, como el chile (*Capsicum annuum*), la calabaza (*Cucurbita pepo*) y el orégano (*Lippia graveolens*); para forraje, como la alfalfa (*Medicago sativa*), el sorgo (*Sorghum bicolor*) y la avena (*Avena sativa*); o simplemente para cerca viva, como el ocotillo (*Fouquieria splendens*). Sin lugar a duda, el conocimiento de la

Hernández-Ramírez, D. 2020. Resumen ejecutivo. Usos de la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 304-306.

flora de un lugar abre el camino a alternativas de aprovechamiento sustentable en toda la entidad.

Por otra parte, con un enfoque agrícola, se muestra un análisis de malezas en la capital del estado, donde se reconocieron 302 especies, tanto arvenses (relacionadas con cultivos; 158 especies) como ruderales (relacionadas con caminos, canales de riego y zonas urbanas; 144 especies). Si bien estas plantas se conocen por su connotación negativa, pueden llegar a tener usos variados, tales como medicinal, componente en redes alimenticias, protectoras de suelos, indicadoras de condiciones edáficas y como agentes integradores de materia orgánica.

Asimismo, el conocimiento de las propiedades de la flora de Zacatecas puede detonar acciones encaminadas a reducir los efectos de la industria minera, por lo que ya se han realizado pruebas en algunos sitios que tienen daños ambientales. Se han utilizado plantas capaces de absorber metales pesados y otros contaminantes (fitorremediación). Hasta ahora se han detectado 119 plantas con potencial para la restauración ecológica; destacan por su poder de absorción y resistencia a condiciones ambientales extremas: el huizache (*Acacia schaffneri*), la hierba loca (*Lupinus campestris*), el gatuño (*Mimosa aculeaticarpa*), el tepozán (*Buddleja tomentella*), la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*).

Otro aspecto que se aborda es el relacionado con el avance de la biotecnología en Zacatecas. Debido a la vocación del estado, desde la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) se han impulsado distintas líneas de investigación, entre las que están: 1) la creación de un banco de germoplasma para cactáceas; 2) el desarrollo de elementos para biorremediación con hongos y bacterias; 3 y 4) la relación entre virus y cultivos de chile (*Capsicum annuum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) y 5) la genómica de la conservación de microorganismos y plantas. Cabe resaltar que algunas de las especies de cactáceas que se propagan están dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como el peyote (*Lophophora williamsii*), el huevo

de venado (*Peniocereus greggii*) y el cactus agave (*Leuchtenbergia principis*).

En esta sección también se aborda el uso del capital natural a nivel de paisaje a través del turismo. En el estado esta actividad no ha tenido tanta popularidad como el turismo cultural, de forma que solo se registran diez sitios para visitar (seis en bosques templados y el resto en otros tipos de vegetación), además de algunas zonas arqueológicas, como Alta Vista en Chalchihuites, La Quemada en Villanueva, el sitio El Teúl en el municipio de Teúl de González Ortega y Las Ventanas en Juchipila. En dichos lugares se ofrece observación de flora y fauna (paisajes), talleres de educación ambiental, senderismo, cabalgatas, observaciones siderales, tirolesas y puentes, además de actividades enfocadas en el turismo rural. En general, las oportunidades que ofrece el estado para el turismo de naturaleza son amplias; sin embargo, urge que los habitantes de lugares como Monte Escobedo, Valparaíso, los cañones de Juchipila y Tlaltenango, se sumen y se concienticen en aspectos de aprovechamiento turístico de sus recursos bajo un enfoque sustentable.

Otro instrumento importante para el uso y conservación de la biodiversidad de la entidad es el que constituyen las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), que abarcan 7 447 970 ha del territorio estatal y donde la actividad cinegética es la de mayor demanda, por lo que destaca el aprovechamiento de especies como el jabalí (*Dicotyles tajacu*), el venado (*Odocoileus virginianus*), el guajolote (*Melleagris gallopavo*) y diversas especies de palomas. Asimismo, destaca el municipio de Mazapil (al norte del estado) por la cantidad de UMA presentes. El análisis del enfoque de conservación (de manejo extensivo e intensivo) indica, como ya se dijo, que existen en su mayoría unidades enfocadas al aprovechamiento cinegético (85), pocas tienen como objetivo labores de conservación de especies incluídas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (4) y solo una tiene funciones de educación ambiental. Cabe mencionar que en gran parte de las UMA del

estado se combinan distintos objetivos y manejo simultáneo de diversas especies. El panorama para las UMA no es sencillo, pues se enfrentan a ciertos problemas, como dificultad para acceder a información básica, inseguridad, esquemas “patriarcales” muy acentuados por parte de los propietarios,

deficiencias técnicas en la elaboración de planes de manejo, y limitaciones técnicas y metodológicas. Si bien las UMA son un instrumento eficaz de uso sustentable, se sugiere que su implementación sea un complemento real de las áreas naturales protegidas y los corredores biológicos.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Usos y mitos sobre anfibios y reptiles

Nallely Yosajandi Gamboa Arteaga • José Jesús Sigala Rodríguez

A nivel global, la riqueza biológica generalmente está correlacionada con la variedad cultural (De Ávila 2008). Un ejemplo es México, uno de los países más ricos del mundo en diversidad biológica (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008, Sarukhán *et al.* 2009), que tiene una gran diversidad cultural. No obstante, el conocimiento popular sobre la flora y la fauna no ha sido suficientemente estudiado en México (De Ávila 2008). Aunque las costumbres y tradiciones varían, es común en varios estados de la república mexicana que numerosas especies animales sean explotadas y utilizadas como alimento, en ritos religiosos y en medicina tradicional (atribuyéndoles cualidades mágicas), mientras que otras sean eliminadas por considerarse peligrosas (Martín del Campo 1979, Casas Andreu 2000, Galindo-Leal 2003, Fitzgerald *et al.* 2004, Vázquez Díaz y Quintero Díaz 2008).

En el presente capítulo se muestran los resultados de un estudio realizado en la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas para documentar los usos y las creencias populares sobre los anfibios y reptiles en el estado. Se identificaron las tendencias de las personas encuestadas y se hicieron inferencias sobre el grado de impacto que esto podría tener en la conservación de los anfibios y reptiles en el estado.

Desarrollo del estudio

Entre julio de 2009 y septiembre de 2011 se diseñaron y aplicaron 200 encuestas en todos los municipios de la entidad con base en Martínez de la Vega (2003). Se encuestó a 98 mujeres y 102 hombres, con una edad promedio de 30 años y con diferentes grados de escolaridad y ocupaciones. El mayor número de mitos y usos se obtuvo de

personas de edad adulta dedicadas a la agricultura y ganadería, que es la principal actividad en los municipios del estado.

Percepción general sobre los anfibios y reptiles

Los encuestados manifestaron opiniones diversas respecto de los anfibios y reptiles. Aunque la mayoría los consideró peligrosos (68.5%), más de la mitad también estimó que son importantes para la naturaleza (cuadro 1). Lo anterior significa que, a pesar de que son considerados feos o peligrosos, la mitad de los encuestados reconoce su importancia en la naturaleza o en las redes tróficas.

Mitos sobre los anfibios y reptiles

En cuanto a los anfibios, 46 encuestados (23% del total) mencionaron algún mito; en total se registraron 21 mitos diferentes para este grupo. Entre los más comúnmente reportados están: “al observar una rana por un buen rato serás maldecido toda tu vida”, “los sapos tiran leche como medio de defensa”, “los sapos después de que copulan se comen a las hembras”, “si tocas a los sapos te salen verrugas”, “las ranas verdes sirven para el reumatismo”, “al besar a un sapo se convierte en príncipe”, “al frotar la panza de un sapo eliminas el dolor de muelas” y “la orina de las ranas produce mezquinos en la piel”.

Algunos de estos mitos tienen su origen en la biología de los organismos, como la producción de “leche” como medio de defensa. Otros más provienen de literatura fantasiosa europea, como el sapo que se convierte en príncipe, mientras que otros son de origen desconocido y seguramente derivados de la asociación coincidente y probablemente falsa entre algún malestar y el contacto

Gamboa Arteaga, N.Y. y J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Usos y mitos sobre anfibios y reptiles. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 307-311.

Cuadro 1. Encuesta sobre percepción de anfibios y reptiles. Debido a que las opiniones no eran excluyentes, y en ocasiones más de una opinión era expresada por los encuestados, la suma de los porcentajes no se ajusta a 100%. Aunque algunas opiniones son similares, se decidió dejar la opinión como había sido vertida por el encuestado.

Categoría	%
Peligrosos	68.5
Importantes en la cadena trófica o para la naturaleza	52.9
Feos	19.6
Curiosos	17.4
Infunden respeto	12.5
No son de mi agrado	8.0
Inofensivos	5.0

Fuente: elaboración propia.

con los anfibios, como la producción de verrugas y otros daños a la piel (figura 1). Independientemente del origen de tales mitos es apreciable que una buena parte de ellos hace alusión a propiedades dañinas de los mismos, y esto tiene una repercusión en la conservación de este grupo, como se verá más adelante.

En lo que respecta a reptiles, 124 encuestados (62% del total) mencionaron algún mito; se obtuvieron 45 mitos diferentes. Algunos de estos son: “los camaleones son de la buena suerte guardándolos en una caja de cerillos”, “si eres mordido por una tortuga no te libera hasta que cae un rayo”, “para evitar que un pozo se seque hay que arrojar una tortuga y habrá agua todo el año”, “los huevos de las tortugas son afrodisiacos”, “cuando los camaleones lloran sangre mueren al día



Figura 1. Sapo *Incilius occidentalis*. En algunas localidades se cree equivocadamente que si la persona duerme sobre el suelo en el campo, los sapos comienzan a lamer poco a poco la piel, causando graves lesiones que pueden ocasionar la muerte. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

siguiente”, “el cascabel de las serpientes retoña cada año”, “la mordedura de las culebras retoña cada año”, “la serpiente flecha atraviesa a las personas”, “las serpientes alicantes tienen capacidad de mamar la leche de madres lactantes mientras le dan la cola al niño para que no lllore”, “la víbora chirrionera da chicotazos hasta causar la muerte”, “la serpiente de cascabel es buena para purificar la sangre, atacar el acné, curar el cáncer y como alimento frecuente”, “los alicantes pialcan (atan las patas) a las vacas para mamar su leche”, “el cascabel de las serpientes indica los años que tienen” (figura 2), “las serpientes de cascabel macho llevan su cascabel de manera vertical y las hembras en posición horizontal” y “las culebras borregueras matan a las borregas”.

Al igual que en los anfibios, los mitos sobre los reptiles tienen orígenes diversos. Aunque algunos

denotan cierto conocimiento sobre su biología, en general los mitos registrados son interpretaciones equivocadas de su modo de vida. Tal es el caso de los lagartos cornudos (*Phrynosoma* sp.), que aunque sí “lloran” sangre (expulsan sangre por los ojos cuando se sienten amenazados), en realidad no mueren como consecuencia de este mecanismo defensivo. En contraste con los anfibios, los mitos que hay sobre los reptiles son predominantemente falsos y representan a estos organismos como entes malignos que le hacen daño tanto al ganado como a los humanos. Aun cuando muchos mitos no lleven alguna connotación negativa, un buen número de ellos atribuyen propiedades curativas a varios reptiles o a sus partes, y aunque esto no está comprobado, trae como consecuencia la colecta ilegal y frecuente de este tipo de organismos.



Figura 2. Serpiente de cascabel *Crotalus lepidus*. Se cree equivocadamente que el número de segmentos del cascabel de la serpiente indica los años que tiene. Foto: José Jesús Sigala Rodríguez.

Usos de los anfibios y reptiles

Solo 6% de los 200 encuestados mencionó usar a los anfibios. Se documentaron 10 usos para este grupo de vertebrados; los principales son: como mascota, para consumo directo, amuletos de buena suerte y como remedio para malestares físicos (cuadro 2). En contraste, la totalidad de los encuestados mencionó algún uso para los reptiles; se identificaron 63 usos diferentes.

En reptiles, muchos de los usos implican la creencia de que estos traen beneficios para la salud; sin embargo, esto no está comprobado y seguramente varios están equivocados, como el uso de las serpientes de cascabel para la cura del cáncer y el sida, la supuesta purificación de la sangre, el alivio de afecciones de la piel o la buena suerte derivada de la posesión de lagartijas cornudas (*Phrynosoma* sp.), por mencionar algunos.

Serpientes de cascabel

Debido a que las serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.) fueron de los reptiles más usados por las personas, en la encuesta se incluyeron preguntas específicas sobre ellas con los siguientes resultados: 20.5% las utiliza como alimento, 9% las usa para remedios, 3% las comercializa, 1.5% las utiliza para la elaboración de cintos y bolsos, 1.5% tiene el cascabel de la serpiente como sonaja, 1% mencionó que son de buena suerte, 1% las usa de mascota y 1% las utiliza para exhibición o estudio. Gran parte de las personas encuestadas conocía o utilizaba a la serpiente de cascabel para remedio y mencionó que son buenas para purificar la sangre o atacar el acné.

También se hicieron preguntas relacionadas con la mordedura de serpiente de cascabel (u otra serpiente venenosa) por accidente y, aunque son pocas las personas que han sido mordidas o que conocen a alguien que haya sido mordido, en los casos documentados se anotaron los efectos derivados de la mordedura: fiebre, vómito, cambio de tono de piel, ataques, pérdida del conocimiento e incluso mencionaron que algunas llegaron a morir. De las 98 personas

Cuadro 2. Usos de anfibios y reptiles en el estado. Debido a que los diferentes usos no son excluyentes, y en ocasiones más de un uso era manifestado por los encuestados, la suma de los porcentajes no se ajusta a 100%.

Uso	%
Declaró algún uso de anfibios	6.0
Como mascota	60.0
Consumo directo	20.0
Como remedio	10.0
Declaró algún uso de reptiles	100.0
Consumo directo	29.0
Como remedio	28.0
Para venderlos	3.0
Como mascota	1.0
Para hacer manualidades	1.5

Fuente: elaboración propia.

que afirmaron que sabían cómo tratar la mordedura de serpiente de cascabel se obtuvo un listado de las acciones que mencionaron que deben realizarse: acudir al hospital (32.5%), succionar el veneno (13%), utilizar un torniquete para que no se disemine el veneno (8.5%), correr (7.5%), matar al animal (6.5%), atar un paño caliente para que no fluya el veneno (6.5%), tomar leche cruda de vaca para que no haga efecto el veneno (4%), pedir ayuda (3%), hacer una incisión con cuchillo o navaja para que salga el veneno (3%), mantener la calma (2%), identificar a la especie (2%), remover anillos y pulseras (1.5%), defenderme y no atacarlos (1%), aplicar el antídoto (1%), llorar (1%), tomar vino para calmar el dolor (1%), comérmela para que no haga efecto el veneno (1%) o morder a la serpiente para que se le regrese el veneno (1%).

Es importante señalar que la mayoría de estas sugerencias resultan inútiles, ya que la acción apropiada es remover anillos, relojes y cualquier cosa que pudiera apretar la extremidad afectada por la inflamación que ocasiona el veneno, inmovilizarla y trasladar al paciente inmediatamente a un hospital para que los médicos apliquen el antiveneno.

Conclusiones y recomendaciones

Es necesario realizar más trabajos sobre el conocimiento popular de la biodiversidad en Zacatecas. Esto es particularmente relevante para grupos como los reptiles y anfibios, que no han sido tan estudiados como otros grupos biológicos y sobre los que hay un gran número de usos, mitos y creencias que tienen un impacto grave en su conservación.

Aunque todavía falta cuantificar este impacto, los datos obtenidos hasta el momento ofrecen indicios de que en la entidad los usos y costumbres afectan de manera directa a las especies de anfibios y reptiles. Entre estos se puede mencionar: el consumo de serpientes de cascabel pensando que puede traer beneficios para la salud (lo cual no está comprobado), el uso de otras especies a las que se les atribuyen cualidades curativas, la creencia errónea de que algunas especies son venenosas y el temor exagerado a las especies que sí lo son.

Muchas de estas creencias y usos ocasionan que varias especies de reptiles y anfibios sean sacrificadas injustificadamente cuando las encuentran en vida libre, y se llega a extremos en que el sacrificio de estos animales se hace por diversión, como fue posible presenciar en una de las salidas

de campo, cuando un grupo de niños se divertía sacrificando iguanas (*Ctenosaura pectinata*) en el suroeste del estado.

En vista de lo anterior se requiere difundir entre la población, especialmente la del medio rural, información sobre la importancia real de estos animales en los ecosistemas que habitan, la no peligrosidad de muchas especies, la falta de fundamentos de la sobreexplotación y uso abusivo a que son sometidos muchos anfibios y reptiles, y su destacado papel en el ámbito cultural desde tiempos prehispánicos. Para ello, es necesario proponer actividades de divulgación de esta información, la creación de programas de educación locales y la formación de un mayor número de especialistas que puedan llevar a cabo estas actividades en todo el territorio estatal.

Este trabajo representa el primer esfuerzo para documentar los usos y el conocimiento que se tiene sobre los anfibios y reptiles en el estado. La difusión y obtención de más información permitirá que los zacatecanos comiencen a erradicar creencias falsas y dañinas y a colaborar en acciones de conservación que permitan que los anfibios y los reptiles persistan en el medio natural de Zacatecas.

Referencias

- Casas Andreu, G. 2000. Mitos, leyendas y realidades de los reptiles en México. *Ciencia Ergo Sum* 7(3):286-291.
- De Ávila, A. 2008. La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico. En: *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 497-556.
- Fitzgerald, L.A., 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/WWF, Washington, D.C.
- Galindo-Leal, C. 2003. *De dos mundos. Las ranas, sapos y salamandras de la Península de Yucatán, México*. The Center of Applied Biodiversity Science-Conservation International, Canadá.
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 283-322.
- Martín del Campo, R. 1979. Herpetología mexicana antigua: Las serpientes y el hombre. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM Serie Zoología* 50(1):651-664.
- Martínez de la Vega, G. 2003. *Utilización de la fauna silvestre en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí*. Tesis de maestría, Xalapa.
- Sarukhán, J., G. Halffter, P. Koleff et al. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. CONABIO, México.
- Vázquez Díaz, J. y G.E. Quintero Díaz. 2008. Etnozoología. En: *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. CONABIO/IMAE/UAA, México, pp. 227-230

Usos del sotol en el semidesierto noreste de Zacatecas

Alfredo Robles Esparza • José Luis España Montoya

Recientemente, en México y otros países, se pone cada vez más atención en la importancia de los productos forestales no maderables para atender las necesidades de alimento, fibra y forraje de las comunidades rurales (FAO 1992). Una de las especies presentes en las zonas secas de México y de donde se obtienen diversos productos es el sotol (*Dasyilirion* spp.; Romahn de la Vega 1992).

El sotol es nativo de México y el suroeste de los Estados Unidos y pertenece a la familia Nolinaceae, que tiene aproximadamente 16 especies (Laferrrière 1991, Bogler 1998, Kelch 2002).

En Zacatecas, específicamente en la región conocida como semidesierto noreste, que abarca los municipios de Mazapil, Concepción del Oro, Melchor Ocampo y El Salvador, abunda el sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*; figura 1) asociado a pastizales y matorrales desérticos (Henrickson y Johnston 1997).

En el presente escrito se describen los principales usos del sotol en esta región del estado con base en observaciones de campo realizadas durante un estudio sobre la distribución y abundancia de esta especie, que se llevó a cabo entre octubre de 2004 y abril de 2007, con financiamiento del Fondo Mixto para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica (FOMIX), que recibe aportaciones federales a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del gobierno del estado.

Prebiótico

Los prebióticos son alimentos con ingredientes no digeribles que tienen efectos positivos en el organismo al estimular el crecimiento y la

actividad de una o varias cepas de bacterias del intestino (colon), mejorando su funcionamiento y, en consecuencia, la salud de las personas (Gibson y Roberfroid 1995). Sin embargo, en esta región del estado, no hay constancia de que actualmente las personas usen al sotol como alimento prebiótico para mejorar la digestión, ni mucho menos como remedio para algún malestar.



Figura 1. Sotol ceniza (*Dasyilirion cedrosanum*) en la sierra El Solitario de Teyra, Mazapil. Foto: Alfredo Robles Esparza.

Robles-Esparza, A. y J.L. España-Montoya. 2020. Usos del sotol en el semidesierto noreste de Zacatecas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 312-314.

Forraje

Durante la época más seca, cuando existe la menor disponibilidad de forraje, el sotol ceniza se usa como un alimento de emergencia para el ganado caprino y bovino (Bowers 1993). Sin embargo, aunque contiene niveles altos de carbohidratos (50.6%) y agua (73.7%), el forraje del sotol es poco digerible debido al alto grado de lignificación (75.7%) de sus paredes celulares, además de que tiene niveles bajos de proteína (5%), grasa (1.46%) y minerales, lo que lo hacen un forraje con regular a pobre valor nutricional (Robles-Esparza 2011).

Es común que el ganado en pastoreo en esta región se alimente libremente con las especies herbáceas y arbustivas que encuentra y le apetecen, como el sotol, el cual es comido en pie, ramoneando la base de la piña y las partes tiernas de las hojas (figuras 2 y 3). Vale decir que esta práctica, de alimentar al ganado sin control alguno, es una de las actividades que más trastorna la estructura de las poblaciones de sotol y de otras especies, de tal forma que se podrían poner en riesgo a las comunidades vegetales presentes y al ecosistema desértico entero, lo que cambiaría la disponibilidad de los recursos.

Bebida alcohólica

Esta planta es usada para elaborar una bebida alcohólica muy similar al mezcal, comúnmente conocida como sotol. Su preparación consiste en cortar el tronco basal, también llamado piña, y posteriormente asarlo, fermentarlo y destilarlo (Powell 1998). Resulta interesante mencionar que hay evidencia documentada de la existencia de destilerías de sotol que operan en el norte de México desde el siglo xvii y hasta la actualidad (De La Garza-Toledo *et al.* 2008).

En Zacatecas se conoce la existencia de al menos dos destilerías o “vinatas” en operación: una en el ejido Cedros (fundada en la década de los treinta del siglo xx) y otra de muy reciente construcción en la localidad Gallegos, anexa al ejido San Rafael, ambas en el municipio de Mazapil (observación personal). Sin embargo, no hay informes sobre los volúmenes de producción de esta bebida y no hay evidencia del establecimiento de plantaciones comerciales de esta especie. Esto significa que la materia prima ha sido extraída de las comunidades nativas, por lo que es probable que se estén afectando las poblaciones naturales.



Figura 2. Ganado bovino comiendo las hojas del sotol ceniza (*Dasyliirion cedrosanum*) en el ejido El Jazmín, Mazapil. Foto: Alfredo Robles Esparza.



Figura 3. Varios individuos de sotol sobrepastoreados en una 'majada' o sitio de pastoreo de ganado caprino en el ejido El Jazmín, Mazapil. Foto: Alfredo Robles Esparza.

Fibra y material de construcción

Las hojas del sotol se han usado para elaborar esterres, cestos y papel (Moerman 1998, Powell 1998) y los tallos largos de floración (comúnmente llamados garrochas) como material para construir corrales, techos de patios, casas y otras estructuras (Powell 1998). Actualmente, en esta parte de Zacatecas, es poco común su uso como material de construcción para elaborar las techumbres de

las casas, pero sigue siendo frecuente su utilización para la construcción de cercas de los corrales.

Conclusiones

El uso más generalizado del sotol en la región del noreste de Zacatecas, al igual que en los estados de Coahuila, Durango y Chihuahua, consiste en la elaboración de la bebida alcohólica homónima. Es así que desde el siglo xvii el consumo de esta bebida ha tenido un importante arraigo entre los habitantes de esta región. Esto significa que la materia prima ha sido extraída de las comunidades nativas desde hace mucho tiempo, por lo que es probable que se esté afectando de manera importante a las poblaciones naturales. Por ello, es necesario un plan de manejo sustentable que controle la intervención forestal del sotol, acorde con las normas oficiales mexicanas que regulan estos aprovechamientos, pero sobre todo deben incorporarse a dicho plan acciones viables de reproducción y plantación artificial de esta especie a fin de que estas plantas sirvan de materia prima para la elaboración de la bebida de sotol, lo que permitiría minimizar el impacto actual sobre las poblaciones silvestres.

Referencias

- Bogler, J. 1998. Three new species of *Dasyliirion* (Nolinaceae) from México and a clarification of the *D. longissimum* complex. *Brittonia* 50(1):71-86.
- Bowers, J.E. 1993. *Shrubs and trees of the southwest deserts*. Southwest Parks and Monuments Association, Tucson.
- De La Garza-Toledo, H., M. Martínez, L. Lara et al. 2008. Production of a mexican alcoholic beverage: Sotol. *Research Journal of Biological Sciences* 3(6):566-571.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1992. *Productos forestales no madereros; posibilidades futuras*. FAO, Roma.
- Gibson, G.R. y M.B. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition* 125(6):1401-1412.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. 1997. *Flora of the Chihuahuan Desert region*. Vol. 1 y 2. J. Henrickson, Los Ángeles.
- Kelch, G.D. 2002. Consider the lilies. *Fremontia* 30:23-29.
- Laferrière, E.J. 1991. *Dasyliirion wheeleri* var. *durangense*: A new combination in the Nolinaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78(2):516-520.
- Moerman, D.E. 1998. *Native American Ethnobotany*. Timber Press, Portland.
- Powell, A.M. 1998. *Trees and shrubs of the Trans-Pecos and adjacent areas*. University of Texas Press, Austin.
- Robles-Esparza, A. 2011. *Distribución, densidad, factores ecológicos y valor forrajero del sotol (Dasyliirion cedrosanum Trel.) en el noreste de Zacatecas, México*. Tesis de doctorado en ciencias pecuarias. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Romahn de la Vega, C.F. 1992. *Principales productos forestales no maderables de México*. Universidad Autónoma Chapin-go, México.

Diversidad y uso medicinal de la flora del cerro Las Ventanas, municipio de Juchipila

Juan Ramírez Prieto • Enrique David Enríquez Enríquez • José de Jesús Balleza Cadengo Miguel Adame González

Los inventarios florísticos son esenciales en los estudios sobre la biodiversidad de una región y sirven como base de muchos otros trabajos de investigación, entre ellos, los que se refieren a la descripción de los diferentes usos de las plantas. En este apartado se presentan los resultados de los estudios sobre la riqueza florística y las plantas medicinales del cerro Las Ventanas, municipio de Juchipila, realizados de 2005 a 2007.

El cerro Las Ventanas se encuentra a orillas del río Juchipila, al poniente de la comunidad El Remolino, en el municipio de Juchipila, a 5 km al sur de la cabecera municipal; tiene la particularidad de que en él se encuentran restos arqueológicos, posiblemente de la cultura teotihuacana (López 2000).

La descripción de la flora se realizó mediante exploraciones y colecta de plantas en el cerro Las Ventanas, las cuales fueron posteriormente

identificadas en el Herbario de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Para conocer el uso medicinal de las plantas se realizaron encuestas a los habitantes del municipio de Juchipila.

Se registró un total de 249 especies distribuidas en cinco clases, 64 familias y 177 géneros. La clase mejor representada fue Magnoliopsida con 55 familias, 146 géneros y 206 especies, seguida en importancia por la clase Liliopsida, con seis familias, 26 géneros y 36 especies.

De acuerdo con el uso, 27 especies (10.8% del total) que crecen en el cerro Las Ventanas son empleadas como medicinales por los habitantes del municipio de Juchipila (cuadro 1).

El uso de plantas medicinales en el municipio de Juchipila es una práctica frecuente a la que recurre la mayoría de la población, siendo más común

Cuadro 1. Plantas medicinales del cerro Las Ventanas.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Modo de uso	Enfermedad o malestar
Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	Aceitilla	Té	Problemas de los riñones
	<i>Porophyllum macrocephalum</i>	Huichilipaistle	Té	Malestar estomacal
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Tronadora, retama	Té	Diabetes
Bombacaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Osote	Té	Tos
Boraginaceae	<i>Heliotropium angiospermum</i>	Hierba del arlomo	Machacada (cutánea)	Piquete del arlomo
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i>	Heno	Té	Articulaciones
Burseraceae	<i>Bursera palmeri</i>	Copal	Té	Bronquios
Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	Órgano	Cataplasma	Problemas respiratorios
	<i>Stenocereus queretaroensis</i>	Pitayo	Cataplasma	Problemas respiratorios
Caesalpinaceae	<i>Bauhinia pringlei</i>	Pata de vaca	Té	Diabetes
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus spinosus</i>	Mala mujer	Té	Leucemia

Ramírez-Prieto, J., E.D. Enríquez, J.J. Balleza-Cadengo y M. Adame-González. 2020. Diversidad y uso medicinal de la flora del cerro Las Ventanas, municipio de Juchipila. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 315-316.

Cuadro 1. Continuación.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Modo de uso	Enfermedad o malestar
Julianaceae	<i>Amphipterygium molle</i>	Cuachalala	Té	Gastritis, úlcera gástrica
Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Cóngora, cola de zorra	Té	Tos, fertilidad en la mujer
Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Remojada en agua	Gastritis
	<i>A. interior</i>	Gatuño	Masticar la corteza	Malestar estomacal
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Flores en jugo de limón	Postemillas
Moraceae	<i>Ficus petiolaris</i>	Texcalame	Té	Diabetes
Papaveraceae	<i>Argemone ochloreuca</i>	Chicalote	Lavar cabello	Caspa
Poaceae	<i>Cenchrus incertus</i>	Abrojo	Té	Problemas de los riñones
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Té	Vitamínico
Rubiaceae	<i>Hintonia latiflora</i>	Canelilla	Lavados	Cicatrizante
Salicaceae	<i>Salix nigra</i>	Sauce	Té	Malestar estomacal
Selaginellaceae	<i>Selaginella lepidophylla</i>	Flor de peña	Té	Problemas de los riñones
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	Toloache	Emplastos	Afecciones de la piel
	<i>Nicotiana glauca</i>	Gigante	Poner cutícula de las hojas	Dolor de cabeza
	<i>Solanum rostratum</i>	Mancamula	Té	Tos
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i>	Orégano	Té	Cólicos

Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2010.

entre las personas de las rancherías o aquellas que viven muy alejadas de los centros de salud. El uso de plantas medicinales cultivadas es más recurrente; sin embargo, las plantas silvestres son consideradas más efectivas y con más variedad en los usos.

La riqueza florística del cerro Las Ventanas se estima como intermedia, ya que solo representa 44.3% (249 especies) del total de especies

reportadas (560) para el bosque tropical caducifolio de la región (Enríquez 1998, Balleza 2000).

No se encontró ninguna especie endémica o incluida en la NOM-059 (SEMARNAT 2010); sin embargo, se considera que el área de estudio debe protegerse por la importancia arqueológica (López 2000) y la conservación de los recursos biológicos en la región.

Referencias

- Balleza, J.J. 2000. *Estudio de la flora vascular del cerro de Piñones, Juchipila, Zacatecas*. Informe de investigación para CONABIO. México (inédito).
- Enríquez, E.D. 1998. *Estudio florístico del cerro La Cantarilla, municipio de Moyahua, estado de Zacatecas, México*. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo.

- López, R. 2000. *Monografía de Juchipila*. En: <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM32zacatecas/municipios/32023a.html>>, última consulta: abril de 2015.
- 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. Texto vigente.

Plantas útiles de Juan Aldama

María Patricia Jáquez Ríos

El municipio de Juan Aldama está ubicado en la parte norte de Zacatecas (33° 45' 12" N y 105° 00' O); cuenta con una superficie de 657.47 km². Su topografía es plana, tiene una altitud de 2 023 msnm y un clima seco templado. Presenta matorral xerófilo y algunas áreas con pastizales (figura 1); no obstante, su cobertura se ha reducido o deteriorado mucho, debido a que una extensa superficie está actualmente dedicada a la agricultura y ganadería (Delgado *et al.* 1994, SEGOB 2004).

En el presente escrito se muestra una parte de los resultados obtenidos de la investigación sobre la flora de Juan Aldama y el uso del recurso vegetal por los pobladores del lugar (Jáquez 2007). De 1998 al 2003 se hicieron recorridos por varias comunidades del municipio colectando especies que crecen en diferentes hábitats, como matorral

xerófilo, pastizales y zonas de cultivo, así como especies ruderales y algunas cultivadas. Finalmente, mediante entrevistas informales se recabaron datos sobre las plantas, como nombre común, usos y la parte de la planta que es utilizada.

Se registraron 309 especies distribuidas en 71 familias, de las cuales, 184 tienen algún uso de acuerdo a los pobladores. Aparecen como familias mejor representadas: Asteraceae (68 especies), Poaceae (24), Leguminosae (18) y Solanaceae (16).

Las plantas son aprovechadas para medicina (105, 57%), alimento (40, 21.7%), forraje (24, 13%), lúdico (6, 3.3%), uso doméstico (5, 2.7%), como ofrenda (4, 2.2%), para la construcción de cercos solo se registra el ocotillo (0.5%; figura 2), entre otras (figura 3, apéndice 23). Cabe resaltar que de todas las categorías de uso registradas



Figura 1. Panorámica de un sitio de colecta en el municipio de Juan Aldama. Foto: Patricia Jáquez Ríos.

Jáquez Ríos, M.P. 2020. Plantas útiles de Juan Aldama. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 317-319.



Figura 2. Ocotillo (*Fouquieria splendens*). Su raíz es medicinal y sus tallos son utilizados para la construcción de cercos vivos. Foto: Alejandro Boneta Rodríguez/Banco de imágenes CONABIO.

sobresalen las medicinales, las alimentarias y los forrajes, por lo que a continuación se analiza con mayor detalle cada una de ellas.

Plantas medicinales

Las plantas medicinales de Juan Aldama (apéndice 24) se usan para varios padecimientos; sin embargo, los principales son los relacionados con el aparato digestivo, la piel y los traumatismos. Por ejemplo, el hojásén (*Fluorensia cernua*) y la mario-la (*Parthenium incanum*) son apreciadas para curar la diarrea y el dolor de estómago. Por su parte, el látex de leche de burra (*Asclepias brachystephana*) se aplica para eliminar los mezquinos, mientras que el chicalote (*Argemone ochroleuca*; figura 4) es muy recomendado para bañar a los niños cuando tienen chincual (se manifiesta por la presencia de granitos rojos en el cuello, axilas y glúteos en los bebés). Finalmente, la canaguala (*Astrolepis sinuata*) es utilizada para aliviar heridas.

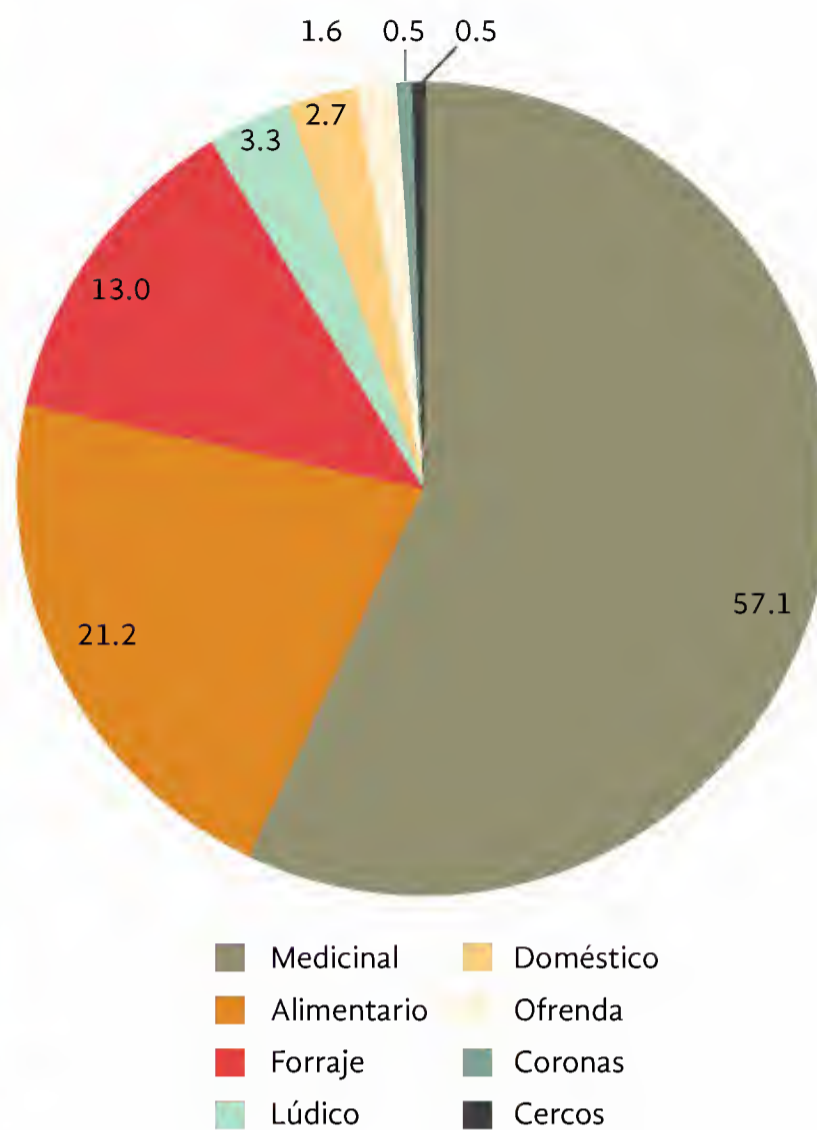


Figura 3. Usos (en porcentaje) de las plantas de Juan Aldama. Fuente: elaboración propia.

Plantas alimenticias

La mayoría de las plantas comestibles son cultivadas, como el chile (*Capsicum annum*), el perón (*Malus sylvestris*) y la calabaza (*Cucurbita pepo*). Sin embargo, aún se conserva el conocimiento de plantas silvestres comestibles, aunque su consumo puede ser esporádico, tal es el caso de los dátiles, como se conoce a los frutos de la palma (*Yucca decipiens*), que en un tiempo fue abundante, pero que actualmente es escasa. Otras plantas comestibles son el nopal tapón (*Opuntia robusta*), el orégano (*Lippia graveolens*), el garambullo (*Condalia ericoides*), los agritos (*Rhus microphylla* y *Talinopsis frutescens*) y la papa de agua (*Solanum stoloniferum*).

Forrajes

La actividad ganadera en esta región de Zacatecas se evidencia por el número de especies que son utilizadas para forraje. Muchas de ellas son cultivadas como la alfalfa (*Medicago sativa*), el

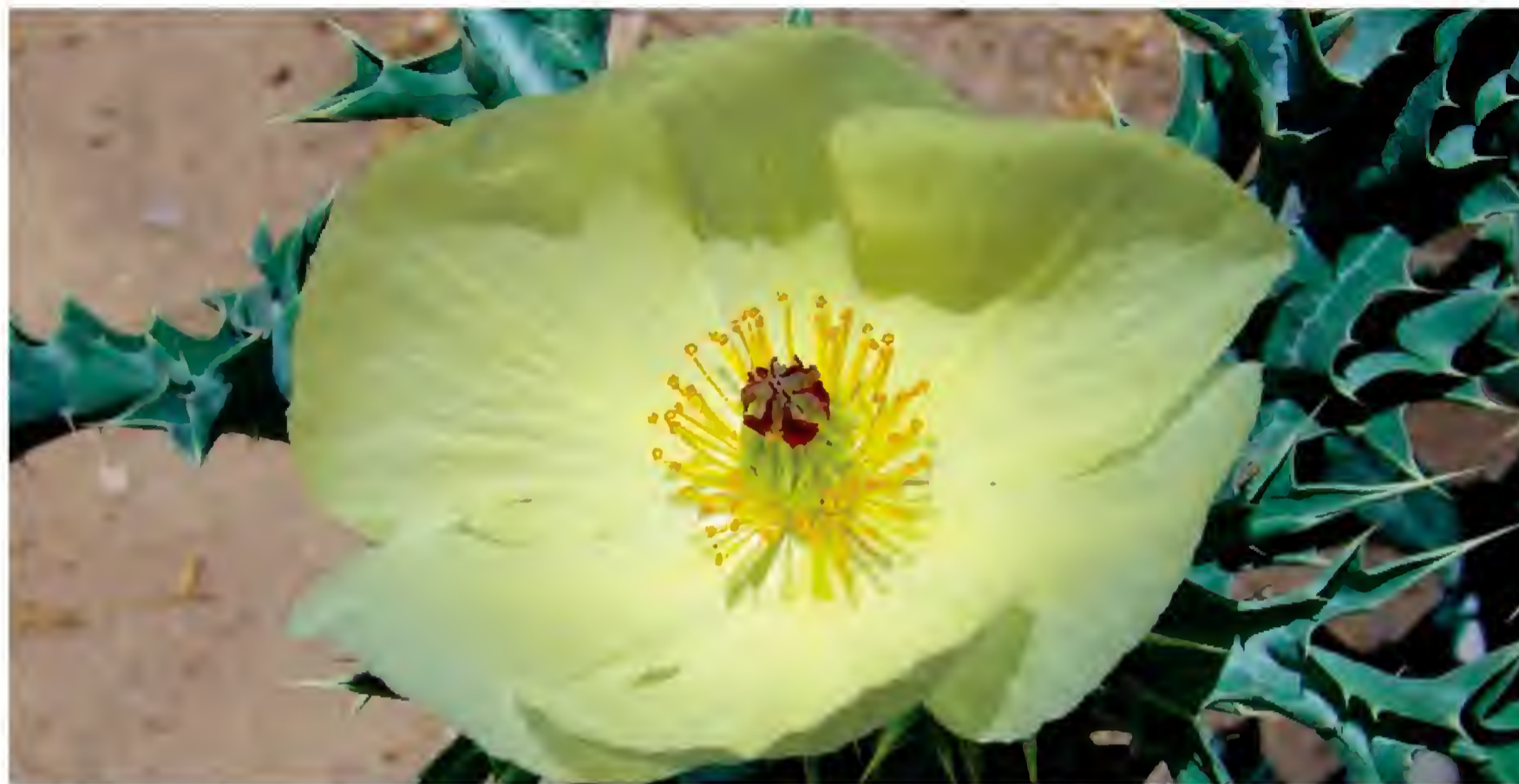


Figura 4. Chicalote (*Argemone ochroleuca*). Alivia el chincual, rozaduras, salpullido y granos. Foto: Oswaldo Téllez Valdés/Banco de imágenes CONABIO.

sorgo (*Sorghum bicolor*), la cebada (*Hordeum vulgare*) y la avena (*Avena sativa*). Sin embargo, también se recurre al uso de especies silvestres como forraje, aprovechando su abundancia durante la época de lluvias, entre ellas: zacates (*Aristida adscencionis*, *Bouteloua curtipendula* y *Bothriochloa saccharoides*), crucíferas como la hierba del pájaro (*Brassica rapa*), y leguminosas (*Dalea foliolosa*).

Conclusiones

Con este estudio se demuestra que en el municipio de Juan Aldama se tiene un gran conocimiento sobre el uso de las plantas, ya que de las 309 especies, 184 (59.5%) tienen algún uso. Probablemente en el saber tradicional de sus pobladores aún se conservan conocimientos heredados

Referencias

- Delgado, R., V.M. Figueroa y M. Hoffner. 1994. *Zacatecas: Sociedad, economía, política y cultura. Biblioteca de las entidades federativas*. UNAM, México.
- Jáquez, M.P. 2007. Plantas útiles de Juan Aldama, Zacatecas y una contribución al conocimiento de su flora.

de los grupos chichimecas que existieron antes de la conquista, así como de los tlaxcaltecas y otros grupos que fueron traídos por los españoles para colonizar el lugar.

Cabe destacar que este acervo de conocimientos forma parte del componente cultural de la biodiversidad de esta zona de Zacatecas, por lo que no solo es importante conocerlo, sino también conservarlo y difundirlo. Por ello es fundamental contar con el recurso vegetal, es decir, las especies silvestres, lo que hace urgente que se establezcan áreas de conservación, que se tomen acciones para restaurar zonas deterioradas, así como concientizar a la población respecto del uso sustentable de la diversidad biológica del lugar.

En: *Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica*. Zacatecas.

- SEGOB. Secretaría de Gobernación. 2004. *Enciclopedia de los municipios de México*. INAFED/Gobierno del Estado de Zacatecas, México.

Uso de las malezas en el municipio de Zacatecas

Miguel Adame González • Enrique David Enríquez Enríquez • José de Jesús Balleza Cadengo

Malezas son todas aquellas especies de plantas silvestres que se desarrollan en hábitats artificiales, como son campos de cultivo, jardines y otros tipos de hábitats parecidos (Rzedowski 1978). Dichas especies se dividen en dos grupos: arvenses y ruderales; las primeras están ligadas a cultivos y las segundas a poblados y vías de comunicación. Las malezas arvenses compiten con las plantas cultivadas por espacio, luz, agua y nutrientes, por lo que disminuyen la producción agrícola (figura 1). Por ejemplo, el rendimiento de frijol de temporal en Zacatecas se reduce hasta 81% por la competencia de arvenses (Aguilar 1973, 1975) y en el frijol de riego esta reducción llega hasta 96% en Aguascalientes (Solórzano 1983).

Por lo anterior, una práctica común es eliminar las malezas con productos químicos. Sin embargo, en el municipio de Zacatecas, como en muchas otras regiones del país se les da un manejo tradicional y se les usa con distintos fines: alimenticios, ornamentales, medicinales y forrajeros. Este tipo de manejo, además de disminuir la aplicación de insumos agrícolas, incrementa la diversidad y sustentabilidad del agroecosistema.

En el municipio de Zacatecas se reportan 302 especies de malezas que crecen en los cultivos de riego y temporal de frijol, maíz, chile, avena, cebada y en menor superficie alfalfa (Adame 2009). Del total, 158 especies (52.3%) son arvenses, de las cuales, 23 se encuentran asociadas al frijol,



Figura 1. Malva de quesitos (*Malva parviflora*) creciendo dentro de cultivo de ajo. Esta planta es usada ampliamente como medicinal. Foto: David Enríquez.

Adame-González, M., E.D. Enríquez y J.J. Balleza-Cadengo. 2020. Uso de las malezas en el municipio de Zacatecas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 320-321.

36 al maíz, 19 al chile, 35 a la avena, 26 a la cebada y 19 a la alfalfa. Las otras 144 (47.7%) son malezas ruderales colectadas en bordes de caminos, canales de riego y zonas urbanas. Las 10 familias mejor representadas suman en total 217 especies, es decir, 71.9% del total, siendo las principales Asteraceae, Poaceae y Fabaceae.

Para conocer el uso que se da a las malezas se entrevistó a 83 habitantes del municipio de Zacatecas, de los cuales, 44 eran agricultores, 20 eran amas de casa y el resto se dedicaba a otras actividades; las edades de los entrevistados oscilaban entre los 19 y los 80 años. Las entrevistas se realizaron en casas, caminos y plazas. Para ello se seleccionaron 40 especies de malezas que están consideradas en la literatura como las más importantes.

El análisis de los resultados destaca que el lam-pote (*Tithonia tubiformis*) tiene el mayor valor de uso, con cinco diferentes usos: forrajero, medicinal, comestible, melífero (que produce miel) y ornamental. Le siguen la mostacilla (*Brassica*

rapa), el mataliste (*Ipomoea stans*) y el quelite (*Amaranthus hybridus*) con cuatro usos, respectivamente. El resto de las especies tienen valores de uso menores a tres. Las plantas forrajeras son las de mayor valor de uso y son importantes porque complementan la alimentación del ganado. La mayoría de las malezas analizadas tienen un uso medicinal.

En conclusión, las malezas no deben asociarse a un concepto maligno por su efecto en la disminución de la producción agrícola y ganadera; también son útiles para los humanos, como se ha demostrado en este trabajo. Desde la perspectiva ecológica, muchas de ellas tienen una función en las cadenas alimenticias, otras son protectoras del suelo, o son indicadoras de condiciones edáficas y la mayoría proporciona materia orgánica (Villegas 1979). Por estos motivos, para ayudar a disminuir la contaminación ambiental, se debe reducir en lo posible la aplicación de herbicidas y establecer alternativas de uso económicas y ecológicas de las malezas.

Referencias

- Adame, G.M. 2009. *Valor de uso de las malezas del municipio de Zacatecas, México*. Tesis de maestría en ciencias. Unidad Académica de Agronomía-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Aguilar, A.S. 1973. *Determinación de la época crítica de competencia entre el frijol y las malas hierbas*. Informe de investigación agrícola ciclo 1973. CIANE-INIA-SAG, Zacatecas, pp. 251-261.
- . 1975. *Determinación de la época crítica de competencia entre el maíz de temporal y las malas hierbas*. Informe de investigación Agrícola ciclo 1975. CIANE-INIA-SAG, Zacatecas, pp 227-239.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Solórzano, V.E. 1983. Periodo crítico de competencia entre malezas y frijol de riego en Pabellón, Aguascalientes. *Fitotecnia* 5:75-89.
- Villegas, D.M. 1979. *Malezas de la cuenca de México: especies arvenses*. Instituto de Ecología/Museo de Historia Natural de la Ciudad de México, México.

Remediación de suelos contaminados por actividades mineras mediante el uso de plantas

Miguel Ángel Salas Luévano • Héctor René Vega Carrillo

Los metales pesados (MP) son elementos naturales que están presentes en concentraciones variables en todos los ecosistemas; sin embargo, las actividades industriales han cambiado drásticamente sus ciclos bioquímicos y equilibrio (Hurrell 1997). La escala de estas actividades es tal que la mayoría de los ecosistemas han sido perturbados de algún modo (Ehrlich 1993). A bajas concentraciones algunos MP son esenciales para los organismos, pero en concentraciones mayores son tóxicos y no esenciales para la vida (Alloway 1990).

Entre las principales actividades generadoras de contaminación por MP están la minería y la fundición de minerales metalíferos, las plantas eléctricas, los escapes de gas, la producción de energía y gasolina, la aplicación de fertilizantes y pesticidas y la generación de desechos municipales (Kabata-Pendias y Pendias 1992). A nivel mundial, la contaminación del suelo se ha convertido en un problema importante para el medio ambiente, debido a sus efectos perjudiciales sobre la salud humana, el ecosistema, la productividad del suelo y el bienestar socioeconómico (Conesa *et al.* 2011).

En este capítulo se presentan los avances en la recuperación de los suelos contaminados por metales pesados en Zacatecas mediante el uso de plantas, y se analizan las perspectivas de su utilización como una alternativa ecológica para disminuir el impacto ambiental ocasionado por las actividades mineras actuales y pasadas en la entidad.

La minería y la fitorremediación

En sus inicios, la primitiva explotación de las minas a escala industrial trajo consigo la producción de residuos mineros o jales que afectaron

negativamente el aire, el suelo y el agua (Iskander *et al.* 1994). De esta forma, en todo el mundo, la minería ha sido y continúa siendo una de las principales causas de contaminación y de alteración al medio ambiente (Batty y Younger 2004). Por un lado, origina la creación de grandes huecos (subterráneos o superficiales) y, por otro, la acumulación de los materiales extraídos no aprovechables, entre los que se encuentran diversos MP (Evans 1995).

En las regiones áridas y semiáridas de todo el mundo son comunes los sitios de disposición de relaves de minas inactivas o abandonadas. Las principales áreas se encuentran en el norte de México (incluyendo a Zacatecas), el oeste de Estados Unidos, la costa del pacífico de América del Sur, el suroeste de España, el oeste de la India, Sudáfrica y Australia (Mendez y Maier 2008). En estas zonas la liberación de los MP, y consecuentemente la contaminación del suelo, se produce principalmente a través del drenaje ácido de las minas y la erosión de los vertederos y depósitos de relaves (Szücs *et al.* 2000).

En este contexto surge la necesidad de implementar acciones tendientes a reducir la degradación de los suelos y a fomentar su restauración (Ehrlich 1993). Dichas acciones se pueden concretar de dos maneras: a) desarrollar medidas de remediación preventivas para evitar alteraciones al ambiente y b) realizar programas de recuperación para restaurar los suelos afectados (Bradshaw y McNeilly 1984). La finalidad inmediata de la remediación es recuperar el sitio para minimizar la dispersión del suelo y la contaminación ambiental (Lasat 2000). Al respecto existen diversas tecnologías convencionales (físicoquímicas), pero que

Salas-Luévano, M.A. y H.R. Vega-Carrillo. 2020. Remediación de suelos contaminados por actividades mineras mediante el uso de plantas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 322-328.

resultan muy costosas (Salt *et al.* 1995), por lo que surge la necesidad de contar con tecnologías alternativas de limpieza total que sean más accesibles.

Una alternativa ecológica y sustentable es la fitorremediación basada en el uso de plantas que han logrado sobrevivir en suelos altamente contaminados (Bush y Barret 1993, Ginocchio *et al.* 2002). Entre estas se puede mencionar la fitoextracción, que es el uso de plantas acumuladoras de MP con la finalidad de removerlos de los suelos contaminados, lo que implica la absorción de los metales y su translocación a las partes aéreas de las plantas, para después cosecharlos de los brotes cuando estos se han acumulado. Otro procedimiento es la fitoestabilización, en la que se utilizan plantas para transformar los metales del suelo en formas menos tóxicas y mantenerlos inmovilizados en el suelo (Salt *et al.* 1995, Kammev y Van der Lelie 2000, Prasad y Freitas 2003).

El interés sobre esta tecnología ha crecido significativamente tras la identificación de diversas especies de plantas hiperacumuladoras y tolerantes a metales, es decir, con la capacidad de absorber grandes concentraciones de metales. Estas especies pueden acumular hasta 100 veces más metales que las plantas normales (Vassil *et al.* 1998); en sus brotes se han registrado concentraciones mayores de 100 mg de Cd por kilogramo, 1 000 mg de Ni, Pb y Cu por kilogramo o 10 000 mg de Zn y Mn por kilogramo (en peso seco; Baker *et al.* 1994).¹

Otras razones de la relevancia de la fitorremediación son: 1) permite la eliminación o transformación de los contaminantes a bajo costo (Ensley 2000); 2) su uso es menos perjudicial para el medio ambiente (Cunningham y Berti 2000); y 3) la revegetación de las zonas contaminadas permite establecer una cubierta vegetal que limita la dispersión de partículas del suelo a través de la erosión pluvial y eólica (Wong 2003). Además, con esta técnica, la remediación del suelo se realiza *in situ*, se evita la alteración del paisaje y se preserva el ecosistema (Lasat 2000).

Desarrollo de la fitorremediación en el estado

De 2008 a 2011 se inspeccionaron diversos sitios mineros en los municipios de Concepción del Oro, Fresnillo, Noria de Ángeles, Sombrerete, Pinos y Zacatecas para identificar plantas con capacidad para tolerar y acumular MP.

La recolección de las muestras de suelo y plantas se efectuó conforme a la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006. El análisis de los MP (As, Pb, Cd, Cu, Hg, Zn)¹ en suelo y plantas se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica Perkin-Elmer.

La capacidad de las plantas de extraer y concentrar elementos tóxicos del medio ambiente se determinó a partir del factor de bioconcentración (FBC), que es la proporción de la concentración del metal en el suelo entre la concentración en los brotes de las plantas. Este factor es esencial para elegir las plantas que son más tolerantes a los metales y, de ser posible, de las comunidades endógenas (Remón *et al.* 2005). Se obtuvieron un total de 119 especies de plantas presentes en los jales (figura 1) y minas abandonadas de Zacatecas (Salas-Luévano *et al.* 2012). En el cuadro 1 se muestran los valores del FBC de las plantas más relevantes con propósitos para la fitorremediación (figura 2).

En el cuadro 2 se muestran las plantas más prometedoras con propósitos de fitorremediación para contener e inmovilizar metales pesados, para restauración ecológica y reforestación de suelos (figura 3).

Cabe destacar que la mayoría de estas especies son nativas de México, particularmente de las regiones áridas y semiáridas del país. Algunas especies que fueron observadas en el estudio han sido previamente reportadas como útiles en la fitorremediación, por lo que estos resultados abren la posibilidad de su uso como una opción tecnológica, económica y ambientalmente amigable para la remediación de los sitios contaminados por MP a causa de la minería en el estado. Entre las

¹ As: arsénico; Cd: cadmio; Cu: cobre; Hg: mercurio; Mn: manganeso; Ni: níquel; Pb: plomo; Zn: zinc.

Cuadro 1. Factor de bioconcentración (FBC) de los metales pesados en la vegetación asociada a jales y minas abandonadas en el estado.

Municipio	Nombre común	Nombre científico	As (µg/g)	Pb (µg/g)	Cu (µg/g)
Zacatecas	Huizache	<i>Acacia schaffneri</i>	1.7	0.5	1.8
	Escobillón	<i>Buddleja scordioides</i>	0.8	0.7	0.9
	-	<i>Cordia congestiflora</i>	2.5	4.0	4.3
	Hierba loca	<i>Lupinus campestris</i>	1.9	1.7	34.4
	Gatuño	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	2.1	0.4	1.2
	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	0.8	0.9	1.4
	Escobillón	<i>Buddleja scordioides</i>	1.6	3.3	4.4
	Tepozán	<i>Buddleja tomentella</i>	0.0	0.0	1.2
	-	<i>Cordia congestiflora</i>	0.7	0.9	2.7
	Falsa damiana	<i>Haplopappus venetus</i>	0.4	-	15.7
	Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	0.9	1.7	7.1
	Árnica morada	<i>Machaeranthera tanacetifolia</i>	9.1	0.0	1.2
	Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	0.0	0.0	5.6
	Hierba del perro	<i>Solanum corymbosum</i>	0.0	0.0	5.9
	Fresnillo	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	0.0	0.0
Llantén		<i>Plantago lanceolata</i>	0.0	1.0	0.0
Damiana		<i>Turnera diffusa</i>	0.0	0.0	2.5
Junco		<i>Typha latifolia</i>	1.0	-	0.0
Cebollín		<i>Asphodelus fistulosus</i>	0.0	0.0	11.2
Jara blanca		<i>Brickellia secundifolia</i>	0.0	0.0	17.1
Nopal		<i>Opuntia</i> sp.	0.0	0.0	2.1
Mezquite		<i>Prosopis laevigata</i>	0.0	0.0	4.7

Fuente: Salas-Luévano *et al.* 2012.**Figura 1.** Jales de la antigua mina El Bote. Foto: Miguel Ángel Salas-Luévano.

características principales de estas especies vegetales se puede mencionar que presentan tolerancia a sequías extremas y a suelos en condiciones difíciles, mejoran en diferentes aspectos las condiciones de los suelos, son fijadoras de nitrógeno atmosférico y generan gran cantidad de materia seca bajo su dosel (cuadro 3).

Perspectivas de la fitorremediación en el estado

La vegetación presente en las escombreras, escorias, jales y minas abandonadas existentes en los antiguos municipios mineros de Zacatecas incluye a especies recolonizadoras, con gran potencial de uso dentro de las estrategias de cierre y rehabilitación en algunas zonas mineras (Gunn 1995).

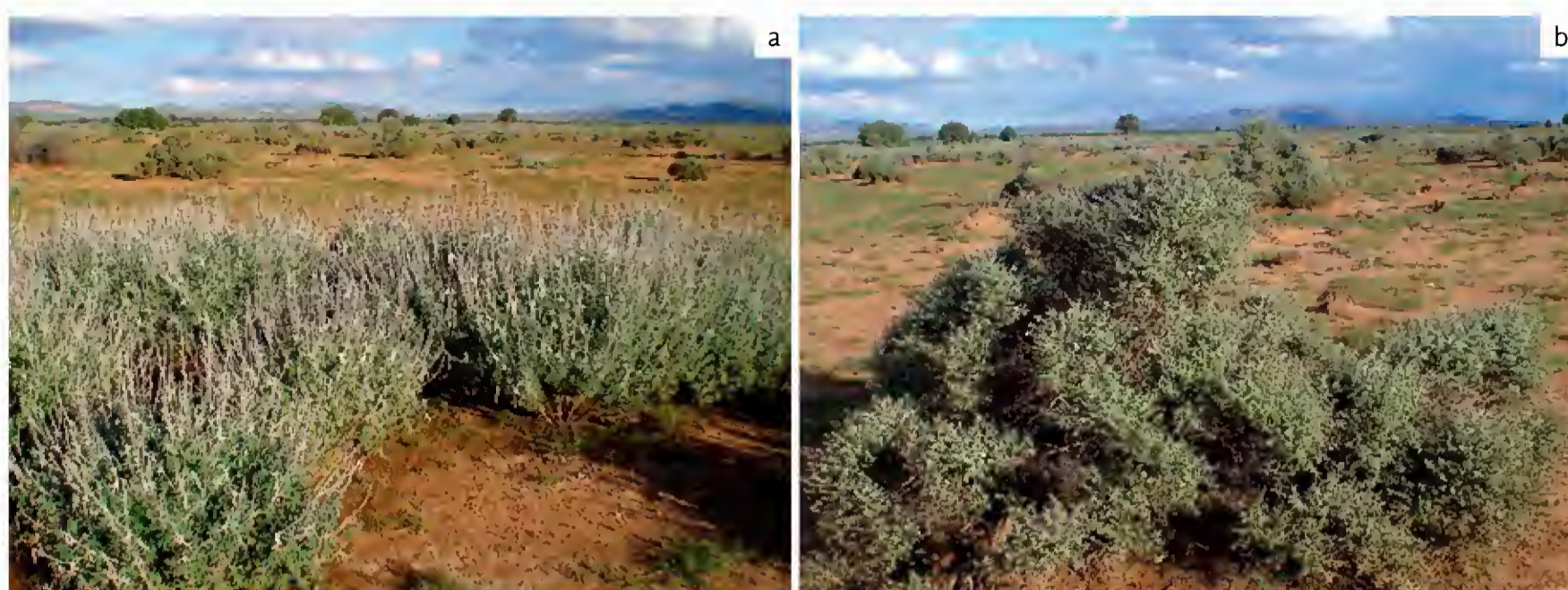


Figura 2. a) Hierba loca (*Lupinus campestris*) y b) escobillón (*Buddleja scordioides*), dos especies con potencial para fitoextraer metales pesados. Fotos: Miguel Ángel Salas-Luévano.

Cuadro 2. Árboles y arbustos nativos e introducidos con mayor potencial de uso para la fitorremediación de los sitios mineros en el estado.

Municipio	Nombre científico	Nombre común	Forma
Zacatecas	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	Arbusto
	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobillón	Arbusto
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Árbol
	<i>Lupinus campestris</i>	Hierba loca	Arbusto
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Gatuño	Arbusto
	<i>Montanoa leucantha</i>	Vara blanca	Arbusto
	<i>Pennisetum villosum</i>	Zacate plumoso	Herbácea
Noría de Ángeles	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobillón	Arbusto
	<i>Buddleja tomentella</i>	Tepozán	Arbusto
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Árbol
	<i>Schinus molle</i>	Pirul	Árbol
Fresnillo	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	Arbusto
	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán blanco	Árbol
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Árbol
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Árbol
	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	Árbol
	<i>Schinus molle</i>	Pirul	Árbol
Sombrerete	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	Arbusto
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Árbol
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Árbol
	<i>Schinus molle</i>	Pirul	Árbol
Concepción del Oro	<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	Arbusto
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Árbol
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Árbol
	<i>Schinus molle</i>	Pirul	Árbol

Fuente: Salas-Luévano et al. 2012.

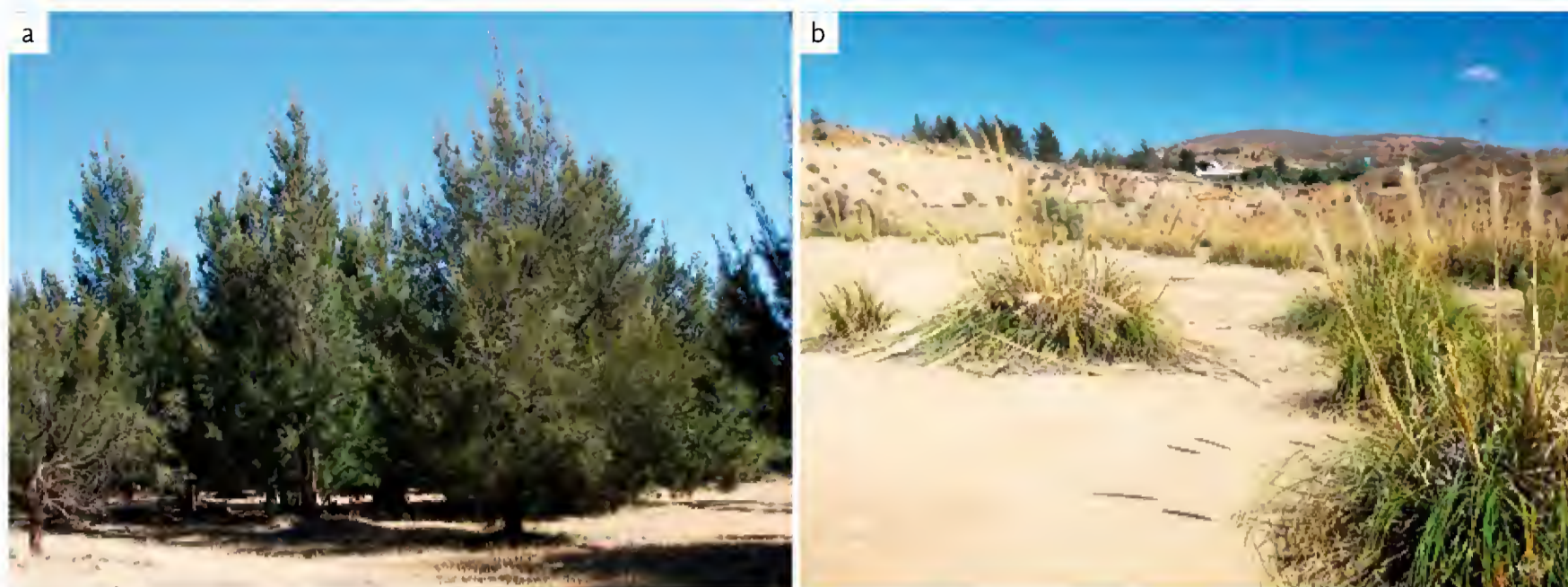


Figura 3. a) Casuarina (*Casuarina equisetifolia*) y b) cola de zorra (*Cortaderia selloana*), plantas con potencial para fitoestabilizar metales pesados. Fotos: Miguel Ángel Salas-Luévano.

Cuadro 3. Usos y tolerancia a las condiciones ambientales extremas de la vegetación presente en las minas abandonadas de la entidad.

Especies de plantas	Características ambientales, tolerancia ambiental extrema y usos
<i>Acacia schaffneri</i>	Ambiente árido y semiárido
<i>Asphodelus fistulosus</i>	Suelos moderadamente ácidos; tolerante a la sequía y áreas perturbadas
<i>Baccharis neglecta</i>	Adaptada a varios tipos de suelo, común en sitios abandonados; tolera la salinidad y reduce la erosión de las playas; rehabilita suelos desgastados o dañados
<i>Bouteloua gracilis</i>	Ambiente árido y semiárido, ocupa diversos tipos de suelo bien drenados; tolerante a sequía, frío y suelos alcalinos
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Ambiente árido y acuático, suelos salinos, inundados y abandonados; coloniza playas de arena; tolerante a la lixiviación; aplicaciones en jardinería costera, control de la erosión y técnicas de remediación
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Ambiente árido y semiárido, clima templado y cálido
<i>C. graveolens</i>	Ambiente árido y semiárido, sitios perturbados, clima templado y cálido
<i>Eucalyptus globulus</i>	Suelos alcalinos encharcados o mal drenados; resistente a las heladas
<i>Fraxinus uhdei</i>	Suelos arcillosos y arenosos, ácidos o calcáreos; clima templado; tolerante a la sequía; resistente a las heladas
<i>Juniperus deppeana</i>	Suelos alcalinos, compactados y pedregosos; tolerante a la sequía; se usa en la conservación y restauración de los suelos degradados y como control de la erosión
<i>Nicotiana glauca</i>	Regiones áridas y semiáridas, y climas subtropical y templado
<i>Opuntia ficus-indica</i>	Regiones áridas y semiáridas; tolerancia a la sequía, la sal y la congelación; aplicación en medidas contra la desertificación
<i>Plantago lanceolata</i>	Ambiente árido y semiárido, suelos arenosos, clima templado; tolerante a la sequía moderada
<i>Prosopis laevigata</i>	Muy resistente a la salinidad y la sequía; aplicaciones forestales y de fijación de nitrógeno
<i>Schinus molle</i>	Tolera diversos tipos de clima y suelos; aplicación en conservación, recuperación de suelos con metales pesados y control de la erosión
<i>Solanum nigrecens</i>	Ruderal, se desarrolla en sitios perturbados
<i>Typha angustifolia</i>	Emergente acuática y de humedales, adaptada a suelos gruesos, medios y de textura fina; tolerancia media a la salinidad; resistencia alta a condiciones anaeróbicas y pH de 3.7 a 8.5

Fuente: Vázquez-Yanes *et al.* 1999, Rzedowski *et al.* 2005.

Por lo tanto, se sugiere que las especies descritas en el presente trabajo (cuadro 3) sean utilizadas como una alternativa viable para la restauración ecológica y la reforestación en Zacatecas y otras regiones mineras del país, particularmente en aquellos sitios contaminados por MP (Salas-Luévano *et al.* 2012). Su potencial de uso adquiere mayor dimensión al considerar que en la mayoría de los municipios donde han concluido las operaciones mineras, las poblaciones rurales y urbanas tienen considerables problemas de salud, sociales y de contaminación ambiental.

Este trabajo es la base para futuros estudios con el propósito de evaluar a mayor detalle la utilidad de estas especies en la fitorremediación, para su posterior producción y propagación en viveros y su uso para la reforestación de los suelos contaminados por las actividades mineras.

Conclusiones y recomendaciones

La mayoría de las plantas identificadas en este estudio son silvestres, por lo que están adaptadas a las condiciones de la región semiárida del estado. Con base en el FBC, entre las especies con mayor potencial para la fitorremediación de suelos contaminados con arsénico, plomo y cobre, destacan el escobillón (*Buddleja scordioides*), la hierba loca (*Lupinus campestris*), la uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa*), huizache (*Acacia schaffneri*), rastrerita (*Cordia congestifolia*) y la gobernadora (*Larrea tridentata*).

Referencias

- Alloway, B.J. 1990. *Heavy metals in soils*. Blackie and Son, Londres.
- Baker, A.J.M., S.P. McGrath, C.M.D. Sidoli y R.D. Reeves. 1994. The possibility of *in situ* heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling* 11:41-49.
- Batty, L.C. y P.L. Younger. 2004. The use of waste materials in the passive remediation of minewater pollution. *Surveys in Geophysics* 25:55-67.
- Bradshaw, A.D. y T. McNeilly. 1984. *Cuadernos de Biología: evolución y contaminación*. Ediciones Omega, Barcelona.
- Bush, E.J. y S.C.H. Barret. 1993. Genetics of mine invasions by *Deschampsia caespitosa* (Poaceae). *Canadian Journal of Botany* 71:1336-1348.
- Conesa, H.M., M.W.H. Evangelou, B.H. Robinson y R. Schulin. 2011. A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: still a promising tool? *Scientific World Journal* 1-10.
- Cunningham, S.D. y W.R. Berti. 2000. Phytoextraction and phytostabilization: technical, economic, and regulatory considerations of soil-lead issue. En: *Phytoremediation*

Con respecto a las especies de árboles, arbustos y herbáceas con potencial para la fitoestabilización sobresalen la casuarina (*C. equisetifolia*), el mezquite (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa*), el pirul (*Schinus molle*) y el tepozán blanco (*Buddleja cordata*), además del escobillón (*B. scordioides*), el tepozán (*B. tomentella*), la vara blanca (*Montanoa leucantha*), el huizache (*A. schaffneri*), el zacate plumoso (*Pennisetum villosum*) y la cola de zorra (*Cortaderia selloana*).

Igualmente, con base en estos resultados, se hace énfasis para que en los viveros y en los futuros programas de restauración ecológica y de reforestación de los gobiernos municipales, estatales, del ejército y de las dependencias del gobierno federal, se consideren estas especies nativas, las cuales están adaptadas a las condiciones propias de las zonas áridas y semiáridas de Zacatecas y además tienen un alto potencial para fitorremediación, en particular la fitoestabilización. Lo anterior es de particular importancia para que las compañías mineras nacionales y extranjeras, en apego a las recomendaciones del Global Reporting Initiative (GRI) y en cumplimiento con la certificación ISO 14001:2004 y otros certificados de industria limpia otorgados por la Procuraduría Federal de la Protección al Ambiente (PROFEPA), incluyan estas especies nativas dentro de sus acciones de reprocesamiento de relaves y restauración de los sitios contaminados por sus actividades.

- of contaminated soil and water. N. Terry y G. Bañuelos (eds.). Lewis, Boca Raton, pp. 359-376.
- Ehrlich, P.R. 1993. The scale of the human enterprise. En: *Nature conservation 3: Reconstruction of fragmented ecosystems - global and regional perspectives*. D.A. Saunders, R.J. Hobbs y P.R. Ehrlich (eds.). Surrey Beatty & Sons, Sidney, pp. 3-8.
- Ensley, B.D. 2000. Rational for use of phytoremediation. En: *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean-up the environment*. I. Raskin y B.D. Ensley (eds.). John Wiley Inc., Nueva York, pp. 3-12.
- Evans, A.M. 1995. *Introduction to mineral exploration*. Blackwell Science, Londres.
- Ginocchio, R., I. Toro. y D. Schnepf. 2002. Copper tolerance in populations of *Mimulus luteus* var. *variegatus* exposed and non-exposed to copper pollution. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 2:151-156.
- Gunn, J.M. 1995. *Restoration and recovery of an industrial region: progress in restoring the smelter damaged landscape the near Sudbury, Canada*. Springer-Verlag, Nueva York.
- Hurrell, R.F. 1997. Bioavailability of zinc. *European Journal of Chemical Nutrition* 57:817-819.
- Iskander, F.Y., H.R. Vega-Carrillo y E. Manzanares-Acuña. 1994. Determination of mercury and other elements in La Zacatecana dam sediment in Mexico. *Science of the Total Environment* 148:45-48.
- Kabata-Pendias, A. y H. Pendias. 1992. *Trace elements in soil and plants*. CRC Press, Boca Raton.
- Kammev, A.A. y D. Van der Lelie. 2000. Chemical and biological parameters as tools to evaluate and improve heavy metal phytoremediation. *Bioscience Reports* 20(4):239-258.
- Lasat, M.M. 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*. 2:1-25.
- Mendez, M.O. y R.M. Maier. 2008. Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments – an emerging remediation technology. *Environmental Health Perspectives* 116(3):278-283.
- Prasad, M.N.V. y H.M.O. Freitas. 2003. Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology* 6(3):285-321.
- Remón, E., J.L. Bouchardon, B. Corniera et al. 2005. Soil characteristics, heavy metal availability and vegetation recovery at a former metallurgical landfill: implications in risk assessment and site restoration. *Environmental Pollution* 137:316-323.
- Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski et al. 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro.
- Salas-Luévano, M.A., C. Letechipia-Leon, V.M. Hernández-Dávila y H.R. Vega-Carrillo. 2012. *Caracterización de plantas con potencial para fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en Zacatecas. Informe final del Proyecto G029*. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Salt, D.E., M. Blaylock, P.N. Kumar et al. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Biotechnology* 13:468-475.
- Szücs, A., G. Jordán y U. Qvarfort. 2000. Integrated modelling of acid mine drainage impact on a wetland stream using landscape geochemistry, GIS technology and statistical methods. En: *Deposit and geo-environmental models for resource exploitation and environmental security*. A. Fabbrì, G. Gaál y R.B. McCammon (eds.). Springer Science & Business Media, Países Bajos.
- Vassil, A., Y. Kapulnik. I. Raskin y D.E. Salt. 1998. The role of EDTA in lead transport and accumulation by indian mustard. *Plant Physiology* 117:447-453.
- Vázquez-Yanes, C., A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer Silva et al. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084*. CONABIO/Instituto de Ecología-UNAM, México.
- Wong, M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere* 50(6):775-780.

Biotecnología con enfoque agrícola

Saúl Fraire Velázquez • Miguel Alvarado Rodríguez • Yadira Yumiko De la Cruz Rodríguez
Inés Martínez Raudales • Víctor Emmanuel Balderas Hernández

La biotecnología ofrece herramientas para el desarrollo de actividades dirigidas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad y la preservación del medio ambiente. Se trata de una serie de técnicas para la manipulación de los organismos vivos a fin de obtener productos de interés, multiplicarlos masivamente o modificarlos genéticamente.

En Zacatecas, la biotecnología ha sido utilizada, entre otras cosas, para el estudio de la biodiversidad en plantas y microorganismos de interés agrícola, a través del trabajo de un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Las líneas de investigación que se atienden son: 1) banco de germoplasma de cactáceas y desarrollo de protocolos de micropropagación de especies vegetales; 2) colecta de especies de hongos y bacterias nativas y desarrollo de agentes de biocontrol de fitopatógenos y para biorremediación; 3) estudio de patógenos virales en cultivos de chile; 4) biología de la respuesta de defensa ante patógenos en frijol y chile; y 5) genómica de microorganismos y plantas.

En este capítulo se da una breve descripción de los avances en cada una de estas líneas de investigación, haciendo énfasis en la relevancia de sus aplicaciones para la conservación y uso sustentable de algunas especies de interés.

Banco de germoplasma de cactáceas y desarrollo de protocolos de micropropagación de especies vegetales

Un banco de germoplasma es una reserva de diversidad genética de las especies de los cultivos

agrícolas y de especies vegetales nativas, muchas de las cuales son de importancia para la conservación, puesto que en el medio natural se van perdiendo sus poblaciones silvestres debido a la destrucción de su hábitat.

Los trabajos en el banco de germoplasma de cactáceas en la UAZ iniciaron en el año 2007 en colaboración con el Dr. Eugenio Pérez Molphe Balch de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. En la actualidad, el banco de germoplasma de la UAZ comprende 106 especies nativas, incluyendo algunas que son representativas de diversas partes del Desierto Chihuahuense. Para cada especie se mantienen réplicas en condiciones *in vitro* y en invernadero.

De estas especies, 60.4% se encuentran en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010): 48.4% sujetas a protección especial (Pr), 43.8% amenazadas (A) y 7.8% en peligro de extinción (P). Cabe resaltar que 33 especies de la colección existen en forma silvestre en territorio zacatecano, de las cuales, 22 se encuentran en alguna categoría de protección (cuadro 1; SEMARNAT 2010). Este banco de germoplasma cumple un papel esencial en la conservación de la flora y recursos fitogenéticos silvestres al mantener por tiempo indefinido el patrimonio genético.

En relación con el desarrollo de protocolos de micropropagación de especies vegetales, se entiende como micropropagación al conjunto de métodos de cultivo de tejidos vegetales que son utilizados en el laboratorio para multiplicar asexualmente las plantas invirtiendo poco espacio y tiempo, de manera que resulta un proceso rápido y eficiente comparado con la multiplicación

Fraire-Velázquez, S., M. Alvarado-Rodríguez, Y.Y. De la Cruz-Rodríguez, I. Martínez-Raudales y V.E. Balderas-Hernández. 2020. Biotecnología con enfoque agrícola. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 329-336.

Cuadro 1. Cactáceas en el banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la UAZ incluidas en la NOM-059.

Nombre científico	Nombre común	NOM-059
<i>Acharagma aguirreana</i>	Biznaga Escobar de Aguirre	Pr
<i>Ariocarpus fissuratus</i> subsp. <i>bravoanus</i>	Biznaga maguey	P
<i>A. kotschoubeyanus</i>	Pezuña o pata de venado	Pr
<i>A. retusus</i>	Chaute	Pr
<i>Coryphantha poselgeriana</i>	Biznaga partida de Poselger	A
<i>C. pseudoechinus</i>	Biznaga partida de falsas espinas	Pr
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga tonel grande	Pr
<i>Echinocereus weinbergii</i>	Órgano pequeño de bolita	Pr
<i>Epithelantha micromeris</i>	Biznaga blanca chilona	Pr
<i>Escobaria dasyacantha chaffeyi</i>	Biznaga Escobar de espinas	Pr
<i>Ferocactus hamatacanthus</i>	Biznaga barril costillona	Pr
<i>F. histrix</i>	Biznaga barril de acitrón	Pr
<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga de lima	Pr
<i>Leuchtenbergia principis</i>	Cactus agave	A
<i>Lophophora williamsii</i>	Peyote	Pr
<i>Mammillaria bocasana</i> subsp. <i>eschauzieri</i>	Biznaga de la Sierra de Bocas	Pr
<i>M. moelleriana</i>	Biznaga de Moeller	Pr
<i>M. stella-de-tacubaya</i>	Biznaga estrella de Tacubaya	Pr
<i>M. theresae</i>	Biznaga de Coneto	P
<i>M. candida</i>	Biznaga	A
<i>Peniocereus greggii</i>	Huevo de venado	Pr
<i>Thelocactus bicolor</i> subsp. <i>bolaensis</i>	Biznaga pezón bicolor	A

A: amenazada; P: en peligro de extinción; Pr: protección especial.

Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2010.

convencional. En micropropagación se ha trabajado desde el establecimiento *in vitro* hasta la aclimatación de diversas especies, como el peyote (*Lophophora williamsii*), huevo de venado (*Peniocereus greggii*), cactus agave (*Leuchtenbergia principis*), maguey (*Agave salmiana* subsp. *crassispina*) y la papa de monte (*Solanum cardiophyllum*). Algunas cactáceas en riesgo como *L. williamsii* y *L. principis* se conservan *in vitro* haciendo recultivos cada tres meses, y se han desarrollado metodologías para su conservación en crecimiento lento. Todos los especímenes se han establecido a partir de semilla y se ha llegado hasta etapas de multiplicación y enraizamiento, y en algunos casos hasta aclimatación (figura 1).

Tanto en *L. williamsii* como en *L. principis* se desarrollaron técnicas de micropropagación masiva induciendo brotación múltiple. La tasa de multiplicación media de brotes fue de 4.87 y 6.5 respectivamente (Pérez-Garibay *et al.* 2010a, b) y su aclimatación fue de 90%. En *P. greggii* se han desarrollado protocolos para inducir organogénesis empleando cortes longitudinales de vitroplantas y medios adicionados con hormonas; citocininas para organogénesis directa y auxinas para inducir organogénesis indirecta. En esta especie se ha logrado inducir embriogénesis somática indirecta a partir de embriones cigóticos maduros (Cortés-Vega *et al.* 2010). Con estas aportaciones se contribuye al conocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible de las cactáceas de la región.



Figura 1. Propagación *in vitro* de tres especies de cactáceas protegidas por la NOM-059: *Lophophora williamsii* (a, b, c), *Leuchtenbergia principis* (d, e, f) y *Peniocereus greggii* (g, h, i), en etapa de formación múltiple de brotes (a a la izquierda), extraídas del contenedor con el fin de disgregarlas y continuar el proceso de multiplicación *in vitro* (al centro), y totalmente aclimatadas (a la derecha). Fotos: Miguel Alvarado Rodríguez.

Colecta de especies de hongos y bacterias nativas y desarrollo de agentes de biocontrol de fitopatógenos y para biorremediación

Una de las principales causas de la disminución drástica en el rendimiento de los cultivos de frijol y chile en Zacatecas y otros estados, es el ataque de hongos patógenos que provocan pudrición de la raíz, derivando en pérdidas económicas para los productores. Por ello, otra línea de investigación es el aislamiento y caracterización de microorganismos nativos para fines biotecnológicos.

Al respecto, a partir de muestras de suelos agrícolas y forestales y de raíces de plantas cultivadas

y silvestres en Zacatecas, se obtuvo una colección de 724 cepas de hongos y 663 cepas de bacterias. En esta colección se encontraron 79 cepas de bacterias con capacidad de inhibir entre 80 y 100% el crecimiento de *Phytophthora capsici* y cuatro de estas cepas con capacidad de inhibir indistintamente aislados virulentos de los fitopatógenos *P. capsici*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* y *F. oxysporum* (figura 2). Asimismo, 68 cepas de hongos, algunas del género *Trichoderma*, inhiben entre 80 y 100% el crecimiento de *P. capsici*. Productos de excreción en medio líquido de tres cepas de hongos (C12-F, C5-2-F y C3-F) tienen efecto inhibitorio contra aislados virulentos de los patógenos *F. oxysporum*, *R. solani*, *F. solani*,

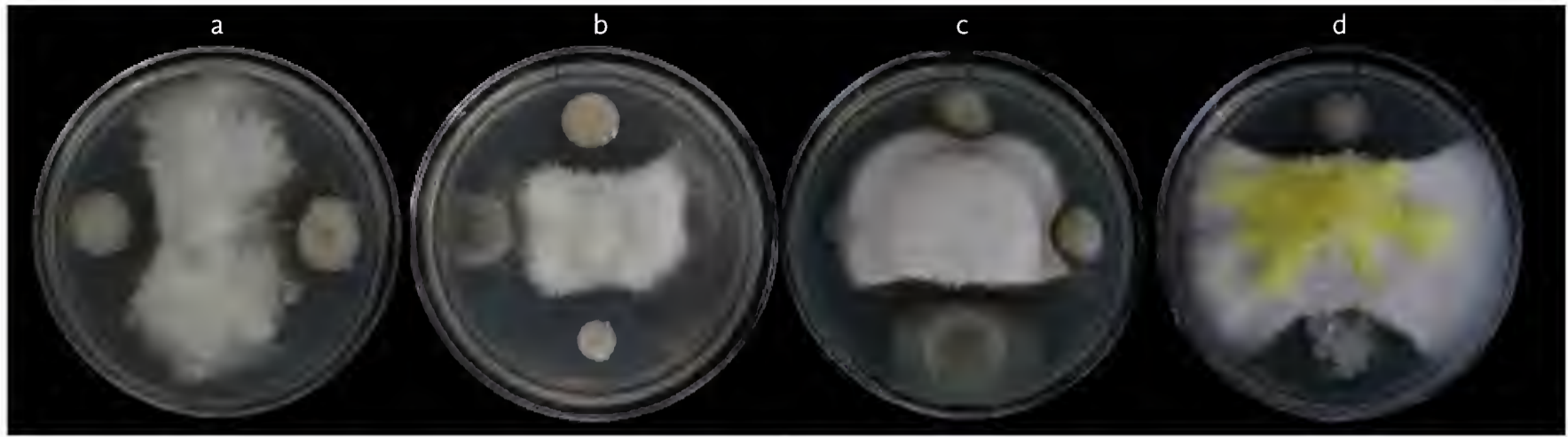


Figura 2. Nuevas cepas de bacterias nativas de suelos o rizósfera colectadas en el estado, capaces de inhibir aislados de los patógenos: a) *Phytophthora capsici*; b) *Fusarium solani*; c) *Rhizoctonia solani*; y d) *Fusarium oxysporum*. Foto: Inés Martínez Raudales.

P. capsici y *Colletotrichum lindemuthianum* con niveles de inhibición de 14 a 86% (Medina-Medrano *et al.* 2011).

En relación con metales pesados, existen 89 y 51 cepas bacterianas con tolerancia a altos niveles de plomo y de zinc, respectivamente; seis de estos aislados promueven crecimiento en plantas de *Arabidopsis thaliana* en presencia de plomo.

Estas cepas de bacterias y hongos nativos constituyen potenciales agentes de biocontrol que deben probarse en futuros trabajos de campo contra patógenos de la raíz del chile. De resultar funcionales en pruebas de campo, se continuará con el diseño de las formulaciones adecuadas para su aplicación y manejo por los mismos horticultores de la región. De igual forma, las cepas de bacterias tolerantes a metales pesados, como plomo (Pb) y zinc (Zn), son potenciales agentes para la biorremediación de áreas contaminadas por la actividad minera.

Patógenos virales en cultivo de chile (geminivirus y cucumovirus)

Desde las culturas mesoamericanas hasta la actualidad, el chile (*Capsicum annum*) ha formado parte de la vida cotidiana de los pobladores del país. En Zacatecas la cadena productiva de chile es de gran importancia socioeconómica; no obstante, aún no se han resuelto varios de sus problemas. Uno de los principales retos que enfrenta hoy en día en el estado es la aparición de nuevas

enfermedades (emergentes) que no habían sido detectadas previamente en los campos de cultivo, tales como el amarillamiento (AM), el achaparramiento (AC) y la muerte de brotes (MB; figura 3), que pueden mermar la producción en más de 50% (Velásquez-Valle 2007).

Hasta hace unos años se desconocían sus agentes causales y en general su etiología (causas que las provocan) y por ende no se habían generado estrategias para su manejo y control, aun cuando dichas enfermedades están ampliamente distribuidas en la zona productora de chile en Zacatecas. En este contexto, el Laboratorio de Biología Integrativa de Plantas y Microorganismos de la UAZ, el CINVESTAV-IPN unidad Irapuato, los productores del "Sistema Producto Chile en Zacatecas" y FOMIX (Fondos mixtos CONACYT-Gobierno del Estado), dedicaron esfuerzos al estudio de la etiología del AM, el AC y la MB.

En estudios de biología molecular se determinó que en las plantas con AM y AC está presente el virus huasteco de la vena amarilla del chile (PHYVV) y que las plantas con síntomas del AC y MB están infectadas con el virus del mosaico dorado del chile (pepGMV); queda claro que al menos en el AC se encuentran tanto PHYVV como pepGMV. Al mismo tiempo, en plantas con AM se detectó el virus del mosaico del pepino (CMV; cuadro 2). Al secuenciar un gen del virus pepGMV, que codifica para la proteína conocida como Rep, la cual está asociada con la replicación del virus,



Figura 3. Sintomatología típica de las enfermedades emergentes en el cultivo de chile en el estado: a) amarillamiento (AM), la flecha indica el amarillamiento de una región del área foliar; b) achaparramiento (AC), la flecha indica la planta enferma; c) muerte de brotes (MB), la flecha indica la cicatriz dejada por el desprendimiento del brote muerto. Fotos: Montserrat Recendez Alvarado.

se encontró una mutación puntual que modifica las propiedades fisicoquímicas de la proteína, lo que podría estar confiriendo características particulares a la variante de este virus (Recendez-Alvarado *et al.* 2010, Recendez-Alvarado *et al.* 2011). Esto muestra la diversidad de partículas virales (geminivirus y cucumovirus) y la variación genética (pepGMV) presente en infecciones mixtas en las parcelas de chile en Zacatecas, situación que antes era desconocida. La estrategia de manejo para evitar infecciones por estos geminivirus es evitar la presencia de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el insecto que actúa como vehículo transmisor, y eliminar malezas que sirven de hospederas para este insecto.

Cuadro 2. Agentes virales de enfermedades emergentes en el cultivo del chile en el estado.

Enfermedad	Agente causal
Amarillamiento (AM)	Virus huasteco de la vena amarilla del chile (PHYVV) Virus del mosaico del pepino (CMV)
Achaparramiento (AC)	Virus huasteco de la vena amarilla del chile (PHYVV) Virus del mosaico dorado del chile (pepGMV)
Muerte de brotes (MB)	Virus del mosaico dorado del chile (pepGMV) Virus huasteco de la vena amarilla del chile (PHYVV)

Fuente: Recendez-Alvarado *et al.* 2010.

Genes de defensa ante patógenos en frijol y chile

Para el mejoramiento genético de las plantas cultivadas mediante herramientas de biología molecular, es necesario primero aislar e identificar en el genoma vegetal los genes implicados en la reacción de defensa de la planta ante los microorganismos patógenos. En este contexto, en un modelo de estudio de la enfermedad antracnosis en frijol causada por el hongo patógeno *Colletotrichum lindemuthianum*, se identificaron varios genes que han sido catalogados como genes de defensa en una variedad de frijol resistente; entre estos, uno tipo ubiquitina (*PVSUMO*, del inglés *small ubiquitin-like modifier*), una beta-glucosidasa (*Pvβ-glucosidasa*), uno tipo SINA (*PVSINA*) y una proteína tipo caleosina (*PVCLO*), registrados en el banco de genes NCBI de los Estados Unidos de América con los números Af451278, Af451279, Af451280 y DQ118371, respectivamente (Fraire-Velázquez y Lozoya-Gloria 2003). Sorprendentemente, el gen *PVCLO* se encuentra también en el genoma del hongo patógeno *C. lindemuthianum* (Alvarado-Gutiérrez *et al.* 2008) y está conservado en la escala filogenética. De este gen solo hay una copia en el genoma del hongo *C. lindemuthianum*, aunque este patógeno no lo expresa en ensayos de inducción en medio de cultivo adicionado con extractos acuosos de follaje de frijol.

Por otro lado, en un modelo de estudio de interacción amigable (donde la planta permanece sana) en planta de chile inoculada con el hongo benéfico *Rhizoctonia solani* binucleada, se lograron aislar e identificar 139 ADN complementarios (cADNs), donde están representados 92 genes. De estos, 83% son de la planta y 17% son del hongo. En el grupo de genes de la planta, 24% son genes implicados en la reacción de defensa ante patógenos diversos, 16% participan en señales de transducción que conducen a la activación de otros genes y 13% están implicados directamente en la regulación de la expresión génica (Soto-Tecuatl *et al.* 2010). Parte de estas secuencias están registradas en el banco de genes NCBI con los números EW741109-127.

En trabajos futuros de mejoramiento genético en frijol y chile, algunos de estos genes se pueden constituir como marcadores moleculares para identificar plantas con niveles variables de resistencia a diferentes enfermedades.

Genómica de microorganismos y plantas

La biodiversidad existe a diversas escalas: desde los ecosistemas, las poblaciones de los organismos, las especies, los genomas y hasta los genes. Estudios con enfoque genómico aplicado a proyectos de conservación de la biodiversidad en Zacatecas pueden aportar información a niveles sin precedentes, para generar estimados precisos de parámetros genéticos de poblaciones o de especies, y para conocer las causas o las consecuencias genéticas de declinamiento o fragmentación. Con genómica comparativa a nivel de especies se pueden descifrar regiones genómicas que han estado bajo presión de selección, así como la estructura genética de características únicas; asimismo, se pueden identificar regiones con fuerte selección positiva para explicar una rápida adaptación, lo que se puede utilizar como marcador para dar seguimiento a estos procesos en una u otra dirección. Se pueden identificar también eventos de pérdida o ganancia de genes específicos para definir

características de especies, cambios que son fuente de evolución funcional y divergencia.

La biodiversidad que albergan los suelos aún es muy poco conocida; al respecto, como se mencionó anteriormente, a partir de muestras de suelos y de raíces de plantas en Zacatecas, se lograron aislar 724 cepas de hongos y 663 cepas de bacterias con características morfológicas y bioquímicas diferentes. Al conocer los genes de los genomas completos mediante secuenciación genómica se pueden determinar las bases genéticas de las diferencias bioquímicas entre estas especies.

Recientemente, en el Laboratorio de Biología Integrativa de Plantas y Microorganismos de la UAZ, se instaló un equipo de secuenciación genómica de última generación, con el que se determina el orden exacto de las bases nucleotídicas que conforman el ADN. Actualmente se secuencian veinte genomas bacterianos de cepas supresoras de hongos fitopatógenos y de cepas con tolerancia a metales pesados, esto con el propósito de conocer genes o islas de genes relacionados con la capacidad de inhibición de los fitopatógenos o de la resistencia a los metales pesados.

Es de interés también la transcriptómica en plantas de importancia agrícola para dilucidar los transcriptomas que caracterizan a las interacciones amigables o de resistencia ante los patógenos. Estudios transcriptómicos en variedades de especies de plantas como frijol o chile u otras, en interacción amigable con microorganismos del suelo, en reacción de defensa ante fitopatógenos, o en reacción de resistencia ante tipos de estrés abiótico característicos en la entidad, son relevantes para tamizar, conocer y preservar materiales de plantas con fondo genético valioso para el desarrollo de una agricultura innovadora y más productiva en el estado.

Conclusiones y recomendaciones

El trabajo realizado en laboratorios de instituciones de investigación como la UAZ, constituye un punto de partida para la atención de la

problemática de conservación de las especies de cactáceas en peligro de extinción y otras especies silvestres de importancia agroalimentaria e industrial, y de atención a problemas fitosanitarios de los principales cultivos en la región, mediante herramientas de biotecnología amigables con el medio ambiente. En lo que respecta a lo presentado en esta contribución, se han atendido tres rubros: a) la preservación de especies vegetales nativas, b) la identificación de fitopatógenos y búsqueda de agentes de biocontrol y de biorremediación y c) la identificación de nuevos genes en plantas como potenciales marcadores moleculares para fines de fitomejoramiento.

A nivel nacional, Zacatecas es considerado como uno de los estados con bajo desarrollo científico y tecnológico: en el 2013 ocupaba el lugar 23 en el Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (RCTI), el último en el grupo dos de tres clústers por entidad federativa. En un enfoque integral, de los 10 componentes tomados en cuenta para la determinación del RCTI, la entidad está por debajo del promedio nacional en todos los rubros considerados, excepto en inversión en

ciencia, tecnología e innovación y en componente institucional. Los valores son ínfimos en materia de infraestructura académica y de investigación, en productividad científica e innovadora, en infraestructura empresarial, en género y en entorno económico y social (FCCYT 2013). En materia de biotecnología tampoco sobresale.

Ante la necesidad de soluciones concretas a los problemas de la entidad, la biotecnología será uno de los medios para mejorar la competitividad de los sistemas agrícolas, la preservación de la biodiversidad y la conservación del medio ambiente. Para favorecer el desarrollo de esta rama de la ciencia y la tecnología en Zacatecas, hace falta mayor sensibilidad de las instancias oficiales gubernamentales y de las instituciones de educación superior para generar más infraestructura y atraer más y nuevos recursos humanos altamente capacitados, que refuercen los pequeños grupos de investigadores emergentes que ya se desempeñan en la entidad, además de abrir nuevas líneas de investigación por demás justificables ante la realidad de atraso que se vive en el ambiente agropecuario en el estado.

Referencias

- Alvarado-Gutiérrez, A., M. Saucedo-Ruiz, R. Rodríguez-Guerra et al. 2008. A *Phaseolus vulgaris* EF-hand calcium-binding domain is induced early in the defense response against *Colletotrichum lindemuthianum* and by abiotic stress. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 72:111-121.
- Cortés-Vega, C.M., S. Fraire-Velázquez, L. Almanza-Sánchez et al. 2010. Micropropagación de *Peniocereus greggii* (Engelmann) Britton & Rose 1909, especie cactácea sujeta a protección especial. En: *Primer Simposio Nacional de Herramientas de Biotecnología para una Agricultura Sustentable*. Zacatecas.
- FCCYT. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 2013. *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Capacidades y oportunidades de los Sistemas Estatales de CTI*. FCCYT, México.
- Fraire-Velázquez, S. y E. Lozoya-Gloria. 2003. Differential early gene expression of *Phaseolus vulgaris* to Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* in incompatible and compatible interactions. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 63:79-89.
- Medina-Medrano, H.A., G. Rodríguez-Gómez y S. Fraire-Velázquez. 2011. Aislados nativos de *Trichoderma* sp. y productos de secreción con efecto inhibitorio contra hongos patógenos de la raíz en frijol y chile. En: *Memorias del Congreso Cátedra Nacional de Química CuMex*. Querétaro.
- Pérez-Garibay, C., R. Salgado-Garciglia, S. Fraire-Velázquez et al. 2010a. Sistema de micropropagación de *Lophophora williamsii* (Lem. Ex s.d.) Coult, cactácea sujeta a protección especial. En: *Primer Simposio Nacional de Herramientas de Biotecnología para una Agricultura Sustentable*. Zacatecas.

- Pérez-Garibay, C., L. Almanza-Sánchez, S. Fraire-Velázquez *et al.* 2010b. Micropropagación de *Leuchtenbergia principis* Hook., cactácea amenazada. En: *Primer Simposio Nacional de Herramientas de Biotecnología para una Agricultura Sustentable*. Zacatecas.
- Recendez-Alvarado, M.M., J. Carrillo-Tripp, S. Sánchez-Valenciana *et al.* 2010. Presencia de agentes virales en enfermedades emergentes en el cultivo de chile. En: *vii Convención Mundial del Chile*. Aguascalientes.
- Recendez-Alvarado, M.M., J. Carrillo-Tripp, S. Sánchez Valenciana *et al.* 2011. Geminivirus y cucumovirus e infecciones mixtas en *Capsicum anuum* L. en Zacatecas. En: *xiv Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*, A.C. Culiacán.
- 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. Texto vigente.
- Soto-Tecuatl, J., R. Rodríguez-Guerra, B. Pescador-Flores *et al.* 2010. Microorganismos como agentes de biocontrol contra fitopatógenos: *Rhizoctonia* binucleada ante patógenos en chile. En: *xxxvii Congreso Nacional de Microbiología*. Morelia.
- Velásquez-Valle, R. 2007. Enfermedades emergentes en chile en Aguascalientes y Zacatecas. En: *xii Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A.C.* Zacatecas.

Turismo de naturaleza

Astrid Vargas Vázquez

Uno de los principales motivos del desplazamiento turístico en México es su biodiversidad, entendida como la variedad de paisajes y ambientes, y las especies que los habitan (CONABIO *et al.* 2008). En las zonas costeras es donde se ha generado el mayor desarrollo, comúnmente llamado turismo masivo. Sin embargo, en las últimas décadas las tendencias de consumo turístico han ido cambiando en México y el mundo, surgiendo otros segmentos de mercado más sofisticados, especializados e informados que buscan entornos más conservados y menos saturados que las playas tradicionales.

En este sentido, el turismo de naturaleza según la Secretaría de Turismo (SECTUR) es “una modalidad turística que plantea una interrelación más estrecha con la naturaleza, preocupada en la conservación de los recursos naturales y sociales del área en que se efectúa la actividad turística” (SECTUR 2006). La misma SECTUR divide el turismo de naturaleza, de acuerdo con las actividades que se pueden realizar en un espacio determinado, en tres subsegmentos: 1) ecoturismo, 2) de aventura y 3) rural (cuadro 1). La variedad de actividades es muy amplia, algunas son más populares que

otras y están también relacionadas con los grupos de edad de los turistas que las practican, así como el entorno en el que se realizan. Asimismo, es importante indicar que las actividades son difíciles de clasificar ya que algunas pueden considerarse en varias categorías a la vez, lo que complica su medición para fines turísticos y mercadológicos.

En este capítulo se presenta un panorama general del turismo de naturaleza en Zacatecas, sus actividades y sus impactos al medio ambiente y la biodiversidad. Como resultado se emiten algunas recomendaciones para su mejor manejo y gestión.

Panorama local

En el amplio territorio zacatecano se cuenta con diferentes ecosistemas y paisajes, ya sea desérticos, boscosos o tropicales, que son materia prima de las actividades turísticas y recreativas. No obstante, el principal segmento de mercado que recibe el estado es el turismo cultural, por la oferta colonial que se encuentra en la ciudad capital (patrimonio de la humanidad) y otras poblaciones importantes, como Guadalupe y Fresnillo, cinco pueblos mágicos (Jerez, Teúl de González

Cuadro 1. Definiciones de los subsegmentos del turismo de naturaleza.

	Aventura	Ecoturismo	Rural
Definición	Viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas y deportivas asociadas con desafíos impuestos por la naturaleza	Viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas, de apreciación y conocimiento de la naturaleza a través del contacto con la misma	Viajes que tienen como fin realizar actividades de convivencia e interacción con una comunidad rural, en todas aquellas expresiones sociales, culturales y productivas cotidianas de la misma
Actividades	Caminata, cañonismo, escalada, rapel, ciclismo de montaña, montañismo, cabalgata, tirolesas y puentes colgantes, descenso de ríos, espeleobuceo, buceo, espeleismo, vuelo en globo aerostático, ala delta, ultraligero, parapente, paracaidismo, kаяquismo y pesca deportiva	Senderismo interpretativo; safari fotográfico; observación de flora y fauna; observación sideral, geológica y de fósiles; participación en proyectos de investigación biológica; rescate de flora y fauna y talleres ambientales	Agroturismo, fotografía rural, talleres artesanales o gastronómicos, preparación y uso de medicina tradicional, vivencias místicas, etnoturismo, ecoarqueología

Fuente: SECTUR 2002.

Vargas, A. 2020. Turismo de naturaleza. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 337-343.

Ortega, Sombrerete, Pinos y Nochistlán), festivales de gran trayectoria y equipamiento turístico de calidad.

Tal vez por ello, el segmento de turismo de naturaleza en la entidad no ha tenido el crecimiento que se ha observado en otros estados de la república mexicana como Quintana Roo, la Ciudad de México, Baja California Sur, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Jalisco, donde se concentran más de 70% de las empresas dedicadas al turismo de naturaleza (SECTUR-CESTUR 2001). Incluso, en la página oficial de la SECTUR, donde se muestra el directorio de prestadores de servicios de turismo de naturaleza en México (SECTUR 2013), se observa que Zacatecas tiene registrados únicamente cuatro sitios para la práctica de este tipo de turismo, mientras que el estado de Aguascalientes, que es trece veces más pequeño, cuenta con más de 25. Por su parte, la Secretaría de Turismo del Estado (2013) reporta 10 sitios en los que se pueden realizar actividades de turismo de naturaleza (cuadro 2).

Tales espacios se ubican en tan solo nueve de los 58 municipios que tiene la entidad (figura 1), lo que habla del bajo desarrollo de esta actividad, pero también del enorme potencial que guarda en sus diferentes ecosistemas. Estos sitios fueron creándose a lo largo de la década pasada basados en la oferta local de sus recursos naturales: seis sitios (60%) cuentan con bosques como principal atractivo, nueve ofrecen servicios de hospedaje extrahotelero, como cabañas o albergues, y algunos están equipados también para realizar campamentos y actividades recreativas en zonas de asadores y albercas.

Cabe mencionar que, salvo las cabañas del área natural protegida Sierra de Órganos, bajo el resguardo del ejido Villa Insurgentes y la cooperativa de Villas Paraíso Parque Ecoturístico, los demás lugares son de propiedad privada. Lo anterior indica que estas iniciativas han sido realizadas por empresarios locales de manera individual y no de forma comunitaria, como lo sugieren algunas instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión

Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y la misma Organización Mundial de Turismo (OMT), que promueven un turismo sustentable que fomente beneficios colectivos económicos, sociales y ambientales en las áreas naturales.

Las zonas arqueológicas como atracción de turismo de naturaleza

Mención aparte merecen las zonas arqueológicas del estado, que si bien no forman parte del turismo de naturaleza, sino del turismo cultural, se localizan en zonas rurales, en medio de paisajes naturales y tienen una relación estrecha con su entorno. Por ejemplo, en Alta Vista, que se localiza en el municipio de Chalchihuites, el principal atractivo consiste en el recorrido del sol por diversos cerros y las construcciones prehispánicas durante el equinoccio de primavera (figura 2); y La Quemada, ubicada en el municipio de Villanueva, cuenta con impresionantes vestigios en un área rodeada de nopaleras, pastizales y calzadas todavía visibles en la lejanía. Estas dos zonas se encuentran abiertas al público y cuentan con museos de sitio con todos los servicios, incluyendo recorridos con guías locales.

Existen otras dos zonas arqueológicas: El Teúl, ubicada en el municipio homónimo, la cual es ejemplo de trabajo comunitario en el rescate y clasificación de las piezas arqueológicas y recién abierta a la visita; y Las Ventanas, localizada en Juchipila, la cual asombra por sus paisajes (figura 3) y vegetación exuberante, sobre todo en temporada de lluvias. Ésta última todavía no está abierta al público, debido a que actualmente está sujeta a trabajos de investigación arqueológica, así como a la adecuación de la infraestructura para su disfrute y conocimiento.

Actividades

Con respecto a las actividades que realizan las empresas de turismo de naturaleza en el estado, la mayoría corresponde a las catalogadas como ecoturismo y turismo de aventura, que como se mencionó anteriormente siempre están interrelacionadas. La actividad más frecuente es la observación de

flora y fauna, seguida de los talleres de educación ambiental, senderismo interpretativo, cabalgata, observación sideral, tirolesas y puentes (cuadro 3). Asimismo, existen un par de sitios donde se realizan actividades de turismo rural. Cabe mencionar que tres de los espacios (Los Fortines, Sierra de Morones y Tierra Brava) son unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMA) de carácter cinegético, es decir, sitios donde los visitantes pueden ir de cacería y, aunque dicha actividad se realiza en áreas naturales y bajo la normatividad vigente en la materia, el sector turístico las cataloga como un segmento de mercado independiente con características muy singulares.

Uno de los sitios incluye recorridos en vehículos 4x4, que aunque no se considera tampoco

como actividad de turismo de naturaleza ya que poco aporta a la conservación del entorno, se ha vuelto muy popular en las zonas serranas del estado. En los municipios del sur, por ejemplo, están organizados en clubes que realizan recorridos con frecuencia semanal o mensual.

Es importante mencionar que el área natural protegida Sierra de Órganos es el sitio ideal para estar en contacto con la naturaleza, cuenta con senderos para caminar, para bicicleta de montaña, rutas de escalada, señalización, alojamiento y zonas para acampar. El paisaje, flora y fauna de esta zona invitan a la relajación, la aventura, el conocimiento y la excursión en un espacio que ha sido marco incluso de filmaciones cinematográficas (figura 4).

Cuadro 2. Sitios de turismo de naturaleza en la entidad.

Nombre (año de creación)	Municipio	Atractivos naturales	Infraestructura	Actividades
Parque Nacional Sierra de Órganos (2000)	Sombrerete	Formaciones rocosas, paisaje	Siete cabañas equipadas con todos los servicios, tres zonas de campamento, áreas de asador	Observación sideral y de flora y fauna, senderismo, educación ambiental, ciclismo de montaña
Centro Ecoturístico El Manantial (2000)	Jerez	Bosque, formaciones pétreas	Siete cabañas equipadas con todos los servicios, un salón de eventos	Observación sideral, tirolesa, puentes colgantes, senderismo
Parque Ecoturístico Peñoles (2003)	Fresnillo	Mina turística, parque recreativo	Zoológico, vivero, áreas recreativas	Observación de flora y fauna, educación ambiental
UMA Tierra Brava (2003)	Villa de Cos	Flora y fauna, semidesierto	Habitaciones, áreas comunes, instalaciones ganaderas y taurinas	Observación de flora y fauna y actividades cinegéticas (cacería)
Centro Ecoturístico Pino Azul (2006)	Juchipila	Bosque, especies vegetales endémicas	Tres cabañas, área de campamento, tienda de artesanía, restaurante, sala audiovisual	Observación de flora y fauna, educación ambiental, tirolesa, cabalgatas, rapel, escalada, ciclismo de montaña, <i>trekking</i> y espeleología
Monte Pokol Pok (2006)	Monte Escobedo	Bosque	Dormitorios, salón de usos múltiples, área de campamento y actividades lúdicas	Educación ambiental, observación de flora y fauna
UMA Los Fortines (2006)	Valparaíso	Bosque, barrancas, ríos, bordos, fauna	Cuatro cabañas	Actividades cinegéticas (cacería), pesca recreativa, cabalgata
UMA Sierra de Morones (2007)	Joaquín Amaro	Bosque	Tres cabañas	Actividades cinegéticas (cacería)
Villas Paraíso Parque Ecoturístico (2008)	Valparaíso	Bosque	Cuatro cabañas, parque acuático	Uso de vehículos todo terreno (4x4)
Rancho La Jococa (2009)	Pánuco	Jardines botánicos del semidesierto zacatecano	Áreas de alimentos, dormitorios, instalaciones ganaderas y para la producción de lácteos	Educación ambiental y agroturismo

Fuente: SECTUR 2013.

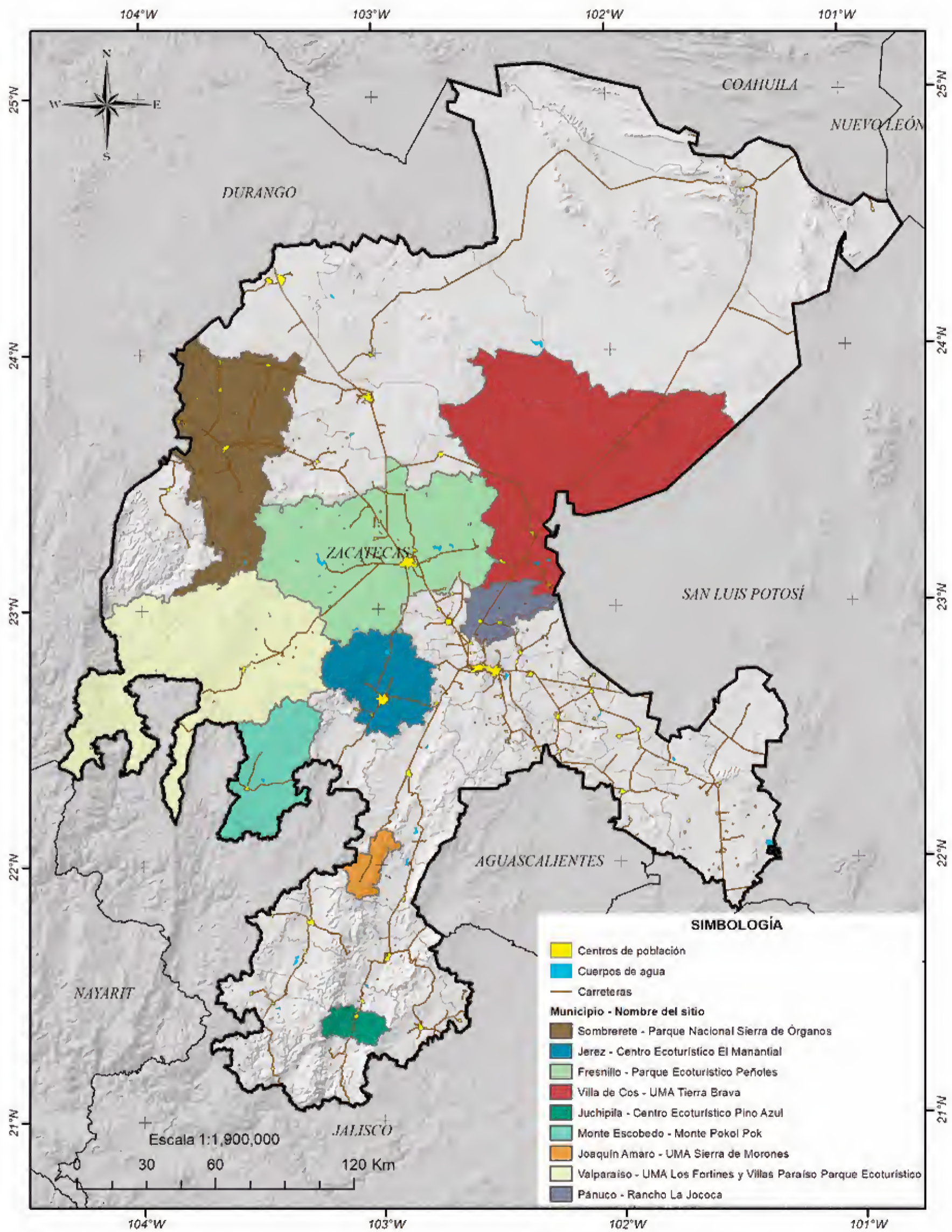


Figura 1. Ubicación de los sitios de turismo de naturaleza en el estado. Fuente: elaboración con base en información de la Secretaría de Turismo del Estado.



Figura 2. Zona arqueológica Alta Vista, municipio de Chalchihuites. Al fondo se observa la serranía por donde emerge el sol en el equinoccio de primavera. Foto: Asbel Aarón Vargas Vázquez.

Impacto de las actividades del turismo de naturaleza en la biodiversidad

Todas las actividades turístico-recreativas generan impactos positivos y negativos en el medio ambiente. En el turismo de naturaleza se busca maximizar los positivos y minimizar o mitigar los negativos a través de actividades planeadas correctamente, bajo estudios de capacidad de carga, reglamentos claros, en cumplimiento de la normatividad ambiental, buenas prácticas ambientales y con afluencia moderada a los sitios naturales.

Un ejemplo de una actividad que produce severas afectaciones al entorno natural son los



Figura 3. Panorámica desde Las Ventanas, municipio de Juchipila. Foto: Astrid Vargas Vázquez.

recorridos en vehículos 4x4 (figura 5). Estos producen impactos negativos al suelo (degradación física, erosión y sedimentación), a la vegetación y a la fauna silvestre. Además, generan una mínima derrama económica en las comunidades por las que transitan (ya que generalmente llevan desde su destino los insumos necesarios para el trayecto) y conflictos con los propietarios de los terrenos por no respetar linderos y dejar las puertas del ganado abiertas, entre otros (Carrillo y Lozano 2008).

Otro impacto negativo se refiere a la instalación de infraestructura y equipamiento no integrada al paisaje, lo que afecta sensiblemente a las zonas naturales. Por ejemplo, la construcción de sitios para hospedaje con materiales que no son propios de la región o la construcción de servicios innecesarios, como albercas en lugares donde el agua es escasa.

Por otro lado, existen personas y grupos responsables que al realizar los recorridos o paseos recogen residuos sólidos, contemplan y aprenden del entorno y se concientizan de la importancia de la conservación de la biodiversidad; la esencia del ecoturismo es precisamente educar a los turistas-recreacionistas sobre el tema. Asimismo, los dueños de algunos sitios de turismo de naturaleza (empresarios) también contribuyen a la minimización de los impactos al ambiente al implementar ecotecnicas en sus instalaciones, tales como celdas solares, sanitarios secos, separación de aguas grises, captación de agua de lluvia, entre otras, además de que proporcionan información veraz sobre el entorno. En el caso de Zacatecas estas características se pueden encontrar en las instalaciones del área natural protegida Sierra de Órganos y el centro ecoturístico El Manantial.

Conclusiones y recomendaciones

La demanda que cubren los sitios turísticos en el estado relacionados con el turismo de naturaleza es en su mayoría de tipo regional y local, ya que el segmento más importante para el sector turístico estatal es el cultural. Sin duda, las oportunidades de desarrollar productos de turismo de naturaleza

Cuadro 3. Actividades ofrecidas en los sitios de turismo de naturaleza del estado.

Tipo	Actividad	Número de sitios que la ofrecen
Turismo de aventura	Cabalgata	2
	Tirolesa y puentes	2
	Ciclismo de montaña	2
	Escalada	1
	Rapel	1
	Caminata	1
	Espeleología	1
	Pesca deportiva	1
Ecoturismo	Observación de flora o fauna	5
	Observación sideral	2
	Educación ambiental	5
	Senderismo interpretativo	2
	Rescate de flora y fauna	2
Turismo rural	Agroturismo	1
	Talleres gastronómicos	1

Fuente: elaboración con base en el registro proporcionado por la SECTUR 2013.

en la entidad están latentes, con posibilidades de ofertas que pueden ser tan diversas como el extenso semidesierto, los bosques en las serranías de Morones, Nochistlán, Sierra Fría, Sombrerete, Valparaíso, o en los fértiles cañones de Juchipila y Tlaltenango. Sin embargo, es fundamental que estos sitios tengan una adecuada planificación y esquemas de mitigación de impactos, que cuenten con capacitación especializada para garantizar la seguridad de los visitantes y que se rijan bajo una estrategia de mercadotecnia efectiva. Para ello, es necesario acercarse a las instancias correspondientes que proporcionan, a través de diversos programas, financiamiento, capacitación y asesoría técnica en los sectores de turismo, desarrollo rural, forestal, medio ambiente, desarrollo indígena, economía, entre otros (cuadro 4).

Asimismo, es importante que el turismo de naturaleza sea promovido, gestionado y operado preferentemente por organizaciones comunitarias, ejidales, cooperativas o asociaciones para lograr



Figura 4. Bello paisaje en Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete. Foto: Asbel Aarón Vargas Vázquez.

cumplir con los objetivos del turismo sustentable, ya que buscan una distribución más equitativa de los recursos económicos, el desarrollo endógeno de las comunidades anfitrionas, la valoración de los recursos naturales y culturales, así como la conservación de la biodiversidad. Como ya se mencionó, las instituciones que fomentan el turismo de naturaleza tienen como prioridad el apoyo a proyectos que implican la organización comunitaria.

Lograr que un sitio de naturaleza sea exitoso, no solo es responsabilidad de los emprendedores, sino también de conseguir que los usuarios sean responsables en su visita, que estén informados sobre la importancia del disfrute y conservación de la biodiversidad, que respeten los reglamentos, señalizaciones o senderos y que eviten impactar el entorno con actividades destructivas.



Figura 5. Los vehículos 4x4 causan severas afectaciones a las áreas naturales. Foto: Asbel Aarón Vargas Vázquez.

Cuadro 4. Instituciones que ofrecen apoyo a proyectos de turismo de naturaleza.

Institución*	Programa	Página web
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Programa de empleo temporal (PET) Fomento a la conservación y al aprovechamiento de la vida silvestre (UMA)	http://www.semarnat.gob.mx/apoyos
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)	Programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCOCODES)	https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programa-de-conservacion-para-el-desarrollo-sostenible-procodes-57997
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	Programa de capacitación técnica y empresarial Programa de financiamiento	https://www.gob.mx/conafor/documentos/empresas-forestales-y-cadenas-productivas-27871
Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) ^a	Programa de turismo alternativo en zonas indígenas	http://www.cdi.gob.mx/focalizada/ptazi/index.php
Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA)	Financiamiento para el turismo rural	https://www.fira.gob.mx/Nd/turismo.jsp
Instituto Nacional de la Economía Social (INAES)	Apoyos para el desarrollo e implementación de proyectos productivos	https://www.gob.mx/inaes/acciones-y-programas/convocatoria-vigentes
Secretaría de Economía (SE)	Fondo de apoyo a la micro, pequeña y mediana empresa	http://www.fondopyme.gob.mx/
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) ^b	Programa de fomento a la agricultura ^c	https://www.gob.mx/sader/documentos/convocatorias-avisos-y-documentos-del-programa-fomento-a-la-agricultura?state=published
Secretaría de Turismo (SECTUR)	Acciones y programas	https://www.gob.mx/sectur/es/#195
Secretaría del Bienestar (BIENESTAR) ^d	Programa de fomento a la economía social	https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-de-fomento-a-la-economia-social

* Se presenta la denominación de las instituciones para el año 2019; los programas y páginas web de referencia se encuentran en constante actualización. Antes: ^a Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI); ^b Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); ^c Fideicomiso de riesgo compartido (FIRCO); ^d Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Fuente: elaboración propia.

Las áreas naturales y zonas arqueológicas susceptibles de visitarse en Zacatecas están próximas a localidades pintorescas, incluidos los pueblos mágicos, por lo que es trascendental generar sinergias positivas de afluencia controlada para aprovecharlas de manera sustentable como un recurso turístico invaluable.

Referencias

Carrillo, K. y L.F. Lozano. 2008. El impacto de vehículo todo terreno en áreas naturales. En: *Congreso Nacional de Turismo de Naturaleza*. Pátzcuaro.

CONABIO, IMAE y UAA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes y Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2008. *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. CONABIO/IMAE/UAA, México.

SECTUR. Secretaría de Turismo. 2002. *Turismo alternativo: Una nueva forma de hacer turismo*. SECTUR, México.

Por último, es necesario realizar estudios específicos sobre los impactos que las actividades turístico-recreativas generan en las áreas naturales, sobre todo de capacidad de carga, y llevar un registro adecuado de los visitantes e integrar un plan de manejo que permita una administración eficaz de los sitios.

—. 2006. *El turismo de naturaleza: retos y oportunidades*. SECTUR, México.

—. 2013. *Directorio de prestadores de servicios de turismo de naturaleza*. En: <http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/sect_Directorio_de_Prestadores_de_Servicios_de_Tur>, última consulta: 18 de julio de 2013.

SECTUR-CESTUR. Secretaría de Turismo-Centro de Estudios Superiores en Turismo. 2001. *Estudio estratégico de viabilidad del segmento de ecoturismo en México*. CESTUR, México.

Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre

Daniel Hernández Ramírez

Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) son esquemas de producción alternativos que buscan aprovechar de forma sustentable elementos de la vida silvestre mediante el uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales (Gallina-Tessaro *et al.* 2009).

De acuerdo con los objetivos de las UMA extensivas de la entidad, 163 (53.8%) están encaminadas hacia el aprovechamiento cinegético y 123 (40.59%) a conservación y manejo, mientras que tres (0.9%) combinan ambos tipos de actividades.

En conjunto con los ordenamientos ecológicos del territorio (OET) y las áreas naturales protegidas (ANP), las UMA conforman los tres principales esquemas de conservación de biodiversidad en México (Gallina-Tessaro *et al.* 2009).

Desde 1997 se puso en marcha el establecimiento de UMA en todo el país y hasta 2009 (año al que corresponde el último dato oficial publicado) se habían registrado un total de 8 255 (Gallina-Tessaro *et al.* 2009). Los estados con mayor cantidad de UMA registradas son Nuevo León, Sonora y Coahuila (CONABIO 2012).

Estos predios e instalaciones registrados operan de conformidad con un plan de manejo aprobado y se le da seguimiento permanente al estado del hábitat y de las poblaciones o ejemplares que ahí se distribuyen; los organismos pueden estar sujetos a dos tipos de manejo: en vida libre (UMA extensiva), o bien en cautiverio o confinamiento (UMA intensiva; SEMARNAT 2005).

Zacatecas cuenta con una extensión territorial de 7 447 970 ha, de las cuales, 1 019 057 (13.68%) están dentro de alguna categoría de UMA

(cuadro 1). Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), hasta 2016 había un total de 303 UMA, de las cuales, 289 (95.38%) son de tipo extensivo y 14 (4.62%) están bajo la modalidad intensiva (SEMARNAT 2016).

En este análisis destacan 11 municipios con cerca de 90% de su territorio considerado bajo este esquema; resalta el norte del estado, especialmente el municipio de Mazapil. Probablemente esta situación esté relacionada con el auge de actividades cinegéticas en otros estados del norte del país (Guajardo y Martínez 2004).

Especies manejadas y actividades realizadas

De las 303 UMA en Zacatecas, 85 (28.05%) se enfocan principalmente al manejo de especies cinegéticas, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el jabalí de collar (*Dicotyles tajacu*) y el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*). Por otra parte, en lo que respecta a especies de felinos, como el puma (*Puma concolor*), se tiene el registro de un total de 33 (10.89%) espacios dedicados a su conservación y aprovechamiento, lo cual contrasta con el aprovechamiento de serpientes de cascabel (*Crotalus* sp.) que se lleva a cabo en solo dos unidades (figura 1). Esto es muestra de que la creación de UMA en el estado ha buscado principalmente satisfacer la demanda de espacios dedicados a la cacería legal.

Sin embargo, es importante destacar que existen cuatro unidades dedicadas a la conservación no exclusiva de especies de vertebrados considerados en la NOM-059 (SEMARNAT 2010); estas especies son: perrito de las praderas (*Cynomys*

Hernández-Ramírez, D. 2020. Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 344-348.

mexicanus), águila real (*Aquila chrysaetos*), bebrando (*Antilocapra americana*) y nutria de río (*Lontra longicaudis*; figura 1).

Por otra parte, un aspecto relevante es que en algunas UMA, tanto extensivas como intensivas, las acciones de aprovechamiento y conservación pueden abarcar a varias especies, tal es el caso de las 85 unidades antes mencionadas, en donde se trabaja la reproducción y conservación de jabalí (*D. tajacu*), venado cola blanca (*O. virginianus*) y guajolote (*M. gallopavo*) en un mismo espacio y en conjunto. Las combinaciones pueden ser variadas con respecto a las especies y el objetivo que busca cada una (figura 1, cuadro 2).

Asimismo, destaca la labor que ha llevado a cabo el municipio de Mazapil (cuadro 1), uno de los más aventajados en la creación de UMA en el estado, ya que hasta el 2016 se registraban 57 UMA extensivas que cubren 463 135 ha, lo que equivale a 45% del total del área destinada a estas actividades en el estado.

Las UMA extensivas

Otro dato relevante, en cuanto a los objetivos y actividades de las UMA, es que solo una (0.33%), denominada Ciénega de Rocamontes, en Concepción del Oro, considera como parte de sus funciones la educación ambiental. En esta misma situación se tiene a la investigación, en donde solo dos unidades la tienen valorada, lo que pone de manifiesto que el componente que favorece la cultura ambiental dentro y fuera de las UMA, aún tiene carencias que deben de ser atendidas (Gallina-Tessaro *et al.* 2009).

De todas las UMA de Mazapil, en 56 se aprovecha y conserva al venado cola blanca (*O. virginianus*), en 52 aprovechan y conservan al jabalí (*D. tajacu*), en 34 palomas (*Columba* spp.), en dos puma (*P. concolor*) y en una guajolote (*M. gallopavo*), entre otras. Es importante destacar el hecho de que en algunas UMA se contempla el manejo de una o varias especies.

En las UMA del municipio destaca una por el hecho de llevar a cabo labores de conservación, reintroducción y manejo de la especie de perrito

Cuadro 1. Municipios con mayor extensión de territorio bajo la modalidad de UMA.

Municipios	Extensión territorial (ha)	%
Mazapil	463 135.00	45.45
Concepción del Oro	81 203.98	7.97
Villa De Cos	70 530.00	6.92
Pinos	65 948.00	6.47
Valparaíso	49 004.00	4.81
Fresnillo	40 698.00	3.99
Melchor Ocampo	36 745.57	3.61
Genaro Codina	36 436.47	3.58
Miguel Auza	31 766.00	3.12
Río Grande	21 464.00	2.11
El Salvador	21 334.00	2.09
Subtotal	918 265.01	90.11
Total de UMA en Zacatecas	1 019 057.00*	100.00

* Representa 13.68% del territorio estatal (7 447 970 ha).

Fuente: SEMARNAT 2016.

de las praderas (*C. mexicanus*), especie endémica y en peligro de extinción catalogada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Los objetivos en cada una de las UMA se centran básicamente en aprovechamiento cinegético (47 UMA), conservación y manejo (10), conservación (7), actividades de ecoturismo (2) y para investigación (1) y exhibición (1).

Las UMA intensivas

En Zacatecas se cuenta con un total de 14 UMA consideradas en la categoría de intensivas; en conjunto abarcan una extensión territorial de 340.5 ha y se distribuyen en ocho de los 56 municipios del estado.

La UMA de mayor extensión (302 ha) es San Pablo, se localiza en el municipio de Fresnillo, y centra su actividad en la conservación y aprovechamiento cinegético de especies de fauna, como venado cola blanca (*O. virginianus*), pecarí de collar (*D. tajacu*), codorniz escamosa (*Callipepla squamata*) y cordorniz moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*).

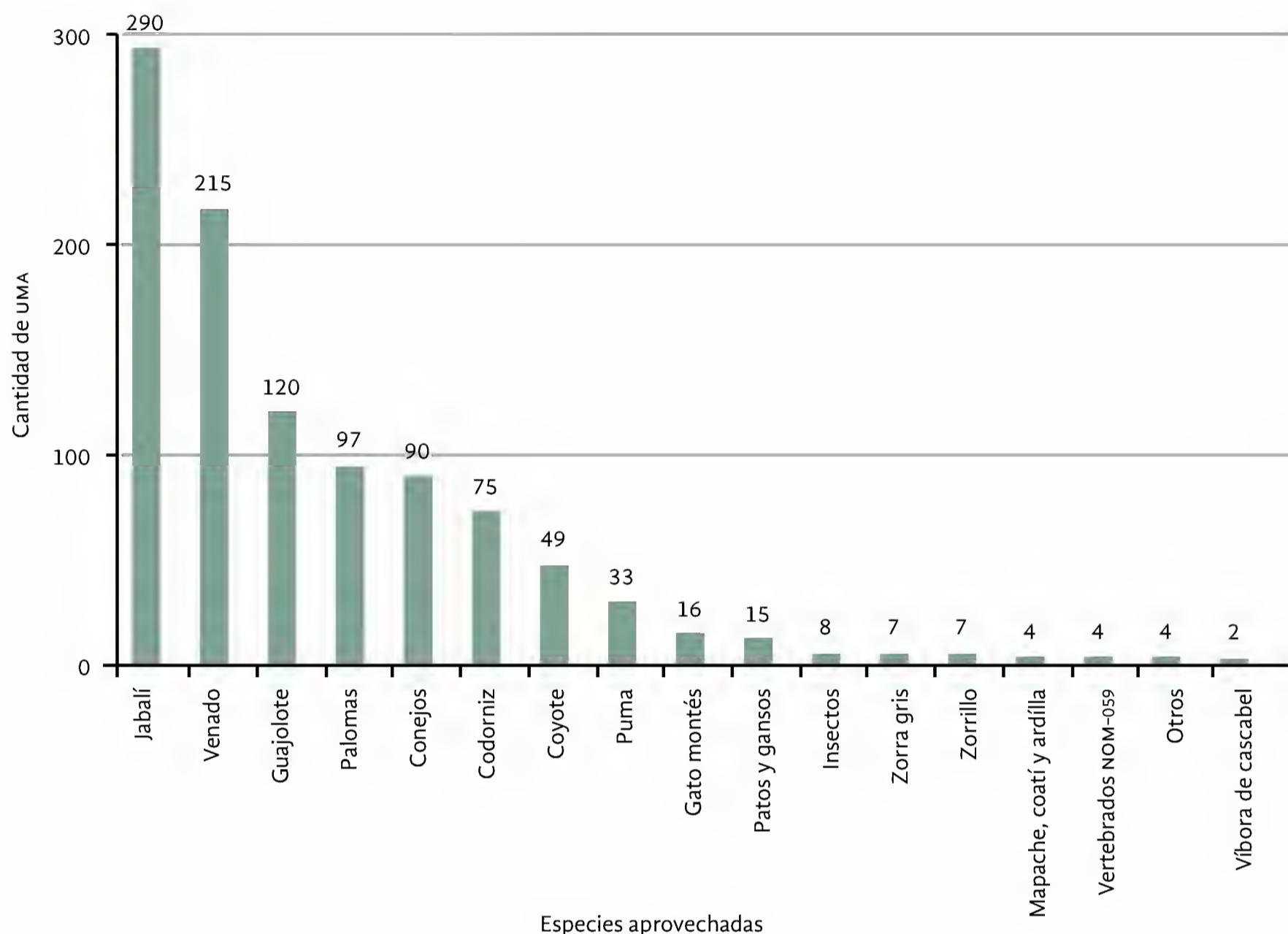


Figura 1. Principales especies de fauna silvestre aprovechadas en las UMA registradas en el estado. Fuente: SEMARNAT 2016.

Es apropiado hacer el señalamiento de que algunas UMA están enfocadas en la conservación, aprovechamiento e investigación de grupos de interés para la biodiversidad de la entidad, tal es el caso de la UMA CACTAZAC, donde se trabaja con cactáceas, la cual tiene sus instalaciones en la capital del estado.

El resto de los registros corresponde a unidades enfocadas en actividades de exhibición, como son zoológicos de empresas transnacionales, que de cierta forma apoyan actividades de conservación y reproducción de fauna, como avestruz (*Struthio camelus*), borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), caracara (*Caracara cheriway*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), pavo real (*Pavo cristatus*),

lechuga de campanario (*Tyto furcata*), búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) y llamas (*Lama glama*), entre otras.

Obstáculos para el desempeño de las UMA

El cumplimiento de los objetivos buscados en las UMA a nivel nacional, y específicamente en el estado, ha sido complicado aun cuando todas las unidades cubren 13.68% de la superficie estatal (cuadro 1).

Con base en un análisis de la situación nacional (Gallina-Tessaro *et al.* 2009) se identificaron una serie de problemas y situaciones estatales de consideración, mismas que se describen a continuación.

Cuadro 2. Principales actividades de las UMA.

Objetivos	Cantidad
Aprovechamiento cinegético	163
Conservación y manejo	123
Conservación	28
Ecoturismo	25
Investigación	3
Exhibición	2
Educación ambiental	1

Fuente: SEMARNAT 2016.

Dificultad de acceso a información referente a UMA

Zacatecas es un territorio complejo en cuanto a situaciones ambientales se refiere, la falta de una fuente confiable de información, o bien la falta de facilidades para el acceso a fuentes oficiales en aspectos como biodiversidad, manejo, restauración, conservación, y específicamente en lo referente a UMA, hace que desde la recuperación, concentración y sistematización, el análisis de la información sea complicado.

Inseguridad

Otro aspecto que obstaculiza el desempeño de las UMA en el estado es la situación de inseguridad que prevalece en algunas regiones, lo que imposibilita o dificulta el acceso a zonas destinadas para estos esquemas, tanto para los técnicos como para los propietarios, sin dejar de mencionar a los usuarios que en su mayoría son personas interesadas en actividades cinegéticas.

Paternalismo

En relación con los propietarios, se ha detectado que algunos tienen un sentido arraigado de paternalismo: en todo momento exigen que el gobierno solucione problemas financieros; perciben a los gobiernos federal, estatal y municipal como los únicos interesados en la conservación de recursos naturales, por lo que interpretan que son ellos (gobierno) quienes deben darles todo sin retribuir el mínimo esfuerzo ni inversión.

Deficiencias en la elaboración de los planes de manejo

En lo que respecta a los aspectos técnicos sobre el análisis de viabilidad de las UMA, este debería basarse en las prioridades de conservación nacional y sobre todo estatal. En Zacatecas es común que entre propietarios (en su mayoría criadores de ganado bovino y caprino) comenten los casos de éxito y busquen replicar “la fórmula”.

Lo anterior con frecuencia porque son asesorados por personal no preparado para llevar a cabo un diagnóstico y un plan de manejo para las UMA, lo que resulta en un documento carente de principios ecológicos, enfocado en el manejo de una o dos especies (cinegéticas por lo general) y no en la conservación de los hábitats en general (Weber *et al.* 2006). En ocasiones se recurre a copiar o plagiar planes de manejo de UMA ya registradas, a pesar que deben ser elementos diseñados para cada caso particular, pues son esenciales para asegurar la permanencia de poblaciones silvestres y su hábitat.

Limitaciones técnicas y metodológicas

Las limitaciones de los técnicos que manejan UMA en el estado son consistentes, ya que las estimaciones de poblaciones a ser aprovechadas no son del todo acertadas (Sisk *et al.* 2007). Esto ocurre principalmente por dos razones: 1) carecen del perfil profesional necesario para llevar a cabo diagnósticos y planes de manejo y 2) les falta preparación, actualización y capacitación constante en igual sentido.

Por otra parte, también representa una limitante que el diseño de las UMA favorezca las actividades cinegéticas y deje de lado aspectos importantes para la conservación, como la educación ambiental y la investigación.

Conclusiones y recomendaciones

Existe una ruptura entre los tres principales esquemas de conservación de la biodiversidad en Zacatecas: por un lado, las UMA favorecen, en su mayoría, actividades cinegéticas, mientras que el OET y

las ANP se conducen con esquemas aislados, por lo que no existe vinculación o complementariedad en cuanto a las acciones de conservación, uso, aprovechamiento y restauración de la biodiversidad en Zacatecas, en detrimento de los esquemas de conservación estatal.

Por lo anterior, se sugieren líneas de acción muy concretas que a continuación se describen:

- Trasparentar el desempeño de las UMA por medio de la disponibilidad pública de la información referente a ellas.
- Fortalecer la relación entre autoridades y técnicos asesores en las diferentes unidades del estado, además de incrementar las capacidades técnicas de los manejadores de vida silvestre, con el fin de contar con mejores diagnósticos de

viabilidad y planes de manejo como documentos esenciales para el óptimo desempeño.

- Capacitar adecuadamente a los propietarios de predios que tienen interés en implementar UMA, y dejar asentado que en todo momento la intención prioritaria será la conservación, el manejo, la restauración, la gestión, la investigación y la educación ambiental; todo en conjunto con ganancias económicas a mediano y largo plazo.
- Facilitar un mecanismo de certificación de servicios y manejo de UMA, que represente un beneficio tanto para los propietarios como para los manejadores y responsables técnicos.
- Fortalecer o promover mecanismos de difusión masivos adecuados para vender y promover un mejor servicio.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. *Proyecto de Evaluación de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la Fase I: Gestión y Administración*. Proyectos CONABIO: HV003, HV004, HV007, HV012 y HV019. México.
- Gallina-Tessaro, S.A., A. Hernández-Huerta, C.A. Delfín-Alfonso y A. González-Gallina. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental* 1(2):143-152.
- Guajardo, R.G. y A. Martínez. 2004. Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas de su desarrollo. *Entorno económico* 42(250):1-17.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2005. *Tipos de aprovechamiento sustentable de la vida silvestre*. Dirección General de Vida Silvestre-SEMARNAT, México.
- . 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016. *Listado de unidades de manejo de vida silvestre*. Delegación Zacatecas, México (inédito).
- Sisk, T.D., V. Castellanos, E. Alejandro y G.W. Koch. 2007. Ecological impacts of wildlife conservation units policy in Mexico. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(4):209-212.
- Weber, M., G. García-Marmolejo y R. Reyna-Hurtado. 2006. The tragedy of the commons: wildlife management units in southeastern Mexico. *Wildlife Society Bulletin* 34(5):1480-1488.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección v

FACTORES DE PRESIÓN A LA BIODIVERSIDAD

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Factores de presión a la biodiversidad

Daniel Hernández Ramírez

La biodiversidad en Zacatecas está sujeta a diversos factores que ejercen presión negativa a diferentes magnitudes. En esta sección se describen brevemente algunos de ellos, como el cambio de uso del suelo, el uso y comercio de especies silvestres, los efectos en la introducción de vertebrados exóticos, la contaminación y la situación actual de los recursos hídricos, así como su relación con la agricultura, la minería y los incendios forestales.

El cambio de uso del suelo se refiere a transformaciones en la cobertura vegetal por la urbanización y la deforestación, así como por degradación del suelo e intensificación de uso (irrigación y uso de fertilizantes). En Zacatecas, donde la vegetación con mayor cobertura es el matorral xerófilo (36.8%), seguido de pastizal (15%) y bosques (14%), se observó, durante el periodo 2002 a 2007, el incremento de áreas desprovistas de vegetación (3.1%), de asentamientos humanos (2.7%) y superficies agrícola-pecuario-forestales (0.5%). Estos cambios, resultado de la deforestación y la ganadería extensiva, entre otros, pueden llegar a modificar drásticamente los patrones de distribución geográfica de las especies (incluso de aquellas que solo se encuentran en el estado) hasta el extremo de la extinción. No obstante, se pueden remediar mediante la implementación de programas de manejo forestal comunitario, el desarrollo de áreas naturales protegidas y el establecimiento de plantaciones comerciales (zonas definidas para la producción de forraje); además, se puede aplicar un programa de ordenamiento ecológico del territorio para definir políticas territoriales con base en las características de aptitud y estado de conservación del terreno.

Un ejemplo concreto de los efectos del cambio de uso del suelo sobre la biodiversidad se aprecia en la reducción del área de distribución potencial del berrendo (*Antilocapra americana*), la ardilla moteada (*Spermophilus spilosoma*) y la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*), provocada principalmente por la fragmentación del hábitat en la franja que corre del noroeste al sureste, en el centro del estado.

El uso y aprovechamiento de especies silvestres en el estado abarca todos los ecosistemas y se refleja en expresiones culturales como las del pueblo huichol, quienes tienen una especial veneración al venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), al águila real (*Aquila chrysaetos*) y al peyote (*Lophophora williamsii*). Sin embargo, el uso y comercio de las especies silvestres que se realiza de manera ilegal con fines alimenticios, medicinales, ornamentales, religiosos, entre otros, es un factor que amenaza seriamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta provee. En este contexto, es preocupante la extracción ilegal de cactáceas y recursos maderables, que pone en riesgo a especies como el bonete de obispo (*Astrophytum myrostigma*), la biznaga piedra del yeso (*Aztekium hintonii*), el ocotillo (*Fouquieria splendens*), y la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*); y la sobreexplotación y comercialización de especies de fauna, como las víboras de cascabel (*Crotalus* sp.), el monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*), el búho cornudo (*Bubo virginianus*), los loros (*Amazona* sp.), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y las carismáticas y demandadas rapaces. De ahí la urgencia de concientizar a la población en la aplicación de mecanismos legales para el comercio y

Hernández-Ramírez, D. 2020. Resumen ejecutivo. Factores de presión a la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 352-354.

aprovechamiento de especies, así como comunicar los beneficios ambientales, sociales y económicos de un manejo sustentable.

A lo antes mencionado se suma la introducción de vertebrados exóticos con efectos adversos a nivel genético, individual, poblacional y ecosistémico. En el estado se registran 47 especies exóticas: 22 (46.8%) mamíferos, 17 (36.2%) peces, seis (12.8%) aves y dos (4.3%) reptiles (no hay registros de anfibios exóticos en la entidad). Sin embargo, la mayoría de las especies de mamíferos reportadas se encuentran en unidades de manejo de vida silvestre (UMA), principalmente para uso cinegético (p.e. órice cimitarra *Oryx dammah*, ciervo rojo *Cervus elaphus* y antílope sable *Hippotragus niger*); o son especies asociadas al ser humano (p.e. vaca *Bos taurus*, cabra *Capra hircus*, caballo *Equus caballus* y burro *E. asinus*, además de perros, gatos y ratones domésticos). En lo que respecta a especies de peces, como carpas (*Cyprinus carpio*), tilapias (*Oreochromis* spp.) y lobinas (*Micropterus salmoides*), han sido introducidas como parte de programas productivos (granjas acuícolas y presas) sin un control biológico y sin saber las repercusiones ambientales asociadas. Lo mismo ocurre con los avestruces (*Struthio camelus*), que se introdujeron recientemente con fines comerciales, y pavorreales (*Pavo cristatus*) para uso ornamental; además de las palomas (*Columba livia*) y gorriones europeos (*Passer domesticus*) que llegaron a partir de la conquista española.

En este sentido se presenta un análisis particular sobre el perico argentino (*Myiopsitta monachus*) en la capital del estado, así como de la serpiente ciega (*Ramphotylops braminus*) y la tortuga orejas rojas (*Thrachemys scripta elegans*) en la localidad de Malpaso, para conocer a detalle a las especies exóticas y llevar a cabo programas de divulgación sobre sus efectos adversos con el propósito de prevenir o reducir la dispersión, y evaluar constantemente las especies a controlar o erradicar.

Otra de las amenazas latentes a la biodiversidad en el estado es la generación de residuos

sólidos. Aunque se han hecho esfuerzos de legislación y reglamentación a nivel estatal y municipal, se producen más de 600 t al día de desechos en zonas urbanas y más de 500 t de residuos de manejo especial, lo que dificulta la labor de limpieza. Además, existen más de 150 mil toneladas de CO₂ anuales en los 48 tiraderos municipales que están fuera de control y regulación. Por lo anterior se requieren acciones encaminadas a motivar a los ayuntamientos a participar en la solución al problema de los residuos sólidos, y que los ciudadanos se involucren en la búsqueda de soluciones a corto, mediano y largo plazo.

Otro tema que concierne a esta sección es el análisis de los recursos hídricos en la entidad, que se ven amenazados por el incremento de la perforación de nuevos pozos y el volumen de extracción, puesto que la principal fuente de abastecimiento de agua en los centros urbanos y complejos agropecuarios proviene de aguas subterráneas (76.96%). Existe un evidente desequilibrio entre el volumen de recarga y la demanda: mientras que la recarga anual es de 1 012 millones de metros cúbicos (Mm³), el consumo es de 1 435 Mm³, lo que refleja un déficit de 420 Mm³ anuales. Por otra parte, el cambio climático es un factor extra que genera mayor presión. Las proyecciones del Instituto Nacional de Ecología (INE) son desfavorables, pues prevé un aumento considerable de la temperatura y una disminución drástica de precipitaciones, lo que incrementaría la presión a los sistemas acuíferos estatales. Las opciones se enfocan en dos rubros: 1) promover el uso racional del agua y 2) desarrollar una estrategia regional con políticas diferenciadas según la disponibilidad, aunada a la implementación de una estrategia compartida, en donde cada uno de los actores asuma su compromiso en la regulación, control y manejo del vital líquido.

La problemática de los recursos hídricos se agrava por las prácticas del sector agropecuario. La agricultura es la actividad preponderante en aproximadamente 16% del territorio estatal y la modalidad dominante es la de temporal (87.5%);

el resto (12.5%) refiere a sistemas de riego. Por desgracia, los cultivos de temporal (frijol, maíz, avena forrajera y maíz forrajero), al realizarse inadecuadamente, traen consigo desmontes y pérdida de suelo por erosión y, por consiguiente, la muerte o desplazamiento de especies. Otro elemento a considerar es el uso de agroquímicos, ya que más de 50% de los productores en el estado los usan con la falsa creencia de que obtendrán mayores rendimientos y, por el contrario, provoca la muerte de fauna silvestre. Además, cerca de 20% de los terrenos estatales que llevan a cabo actividades agrícolas no son aptos para ellas, por su carente disponibilidad de agua o por la fragilidad de su suelo; estas superficies deberían de ser usadas para captación de agua de lluvia o bien para la recarga de acuíferos.

Ambas actividades, la agricultura y la ganadería, que se desarrollan en la entidad están basadas en pastizales, que son ecosistemas excelentes para la recarga de acuíferos, además de hábitat de especies residentes y locales, y magníficos reservorios de carbono que ayudan a mitigar los efectos del cambio climático. No obstante, de manera similar a lo que ocurre con la agricultura, la ganadería extensiva –común en estos sitios– favorece la erosión y degradación del suelo por efecto de la compactación y el pisoteo, además del ramoneo del ganado. Se recomienda el pastoreo rotacional (con buenas posibilidades sobre todo en sistemas ejidales) y la reconversión productiva de sitios agrícolas para la producción de forrajes anuales, sin dejar de lado la cooperación entre los propietarios y tomadores de decisiones en los temas relacionados con el manejo, uso y conservación de pastizales en el estado.

A estas amenazas se suman los incendios forestales, ya que durante el periodo de 1998 a 2012

se presentaron en la entidad 1 431 incendios que afectaron una superficie de 119 049 ha, en su mayoría pastos naturales (54.79%). Los municipios más afectados fueron Sombrerete, Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Valparaíso, además de Juchipila y Tlaltenango, donde se ha identificado que las actividades agropecuarias son la principal causa de incidentes con fuego, sin dejar de lado los accidentes provocados por paseantes; en este sentido la coordinación entre los tres órdenes de gobierno es fundamental para prevenir y combatir los incendios forestales que afectan directamente la vida silvestre.

Otra actividad con alto impacto en la biodiversidad es, sin duda, la minería –de arraigo centenario en la entidad–, pues las exploraciones, excavaciones y acumulación de grandes cantidades de desechos mineros han afectado la calidad del suelo y son responsables del vertido de grandes cantidades de materiales tóxicos (metales pesados y agentes cancerígenos) en agua, aire y suelo. El problema adquiere mayor importancia si se considera que en Zacatecas están localizadas las minas más grandes del mundo de oro, plata y zinc, por lo que existen sitios con altos contenidos de contaminantes, como San Felipe Nuevo Mercurio, La Zacatecana, Vetagrande, Noria de Ángeles y Concepción del Oro, y que presentan, entre otras afectaciones, agotamiento de recursos naturales, salinización del suelo, acidificación del agua y enfermedades en seres humanos y otros seres vivos. Sin embargo, se han estudiado opciones de remediación de bajo costo a partir de plantas que sobreviven y se reproducen en ambientes fuertemente contaminados por plomo, arsénico y otras sustancias tóxicas (fitorremediación); con esto se abre una posibilidad de recuperación de esos sitios contaminados.

Cambio de uso del suelo: afectaciones y procesos

Michelle Farfán Gutiérrez • José Gerardo Rodríguez Tapia • Ángela Patricia Cuervo Robayo
Tania Escalante Espinosa

El uso del suelo se refiere a una clasificación socioeconómica de funciones como agricultura, hábitat, protección, entre otras, y sus modificaciones se consideran como transformaciones y cambios ambientales (Pascual-Aguilar 2004). La mayoría de los cambios en los ecosistemas terrestres debidos a las actividades humanas están relacionados con tres procesos: a) cambios en la cobertura vegetal (por ejemplo la urbanización y la deforestación), b) la degradación del suelo (la erosión y salinización, entre otros) y c) la intensificación del uso del suelo (irrigación, uso de fertilizantes; Lambin 1997). El estudio de los cambios en la cobertura y uso del suelo permite conocer los efectos y tendencias de los procesos de deforestación y pérdida de la biodiversidad, entre otros (Lambin *et al.* 2001).

Algunas estimaciones para México sugieren tasas de deforestación anual de bosques templados y tropicales de 0.5 y hasta 1.3% por año para los periodos 1976-2000 y 1993-2000, respectivamente, lo que significa la pérdida de 84 000 km² de cobertura forestal (Velázquez *et al.* 2002, Mas *et al.* 2004).

La deforestación es uno de los principales factores que afectan negativamente la conservación de la biodiversidad, tiene efectos dramáticos sobre las especies y sus patrones de distribución y en algunos casos genera pérdida de hábitat desde 10% hasta 90%, lo cual puede ocasionar riesgos de extinción de biotas únicas (Sánchez-Cordero *et al.* 2009).

Zacatecas está conformado por 58 municipios y 4 558 localidades, con casi 43% de población rural; 34.4% de su superficie se ocupa para actividades agropecuarias o forestales, lo que equivale

a 2.5 millones de ha (SAGARPA 2010). El régimen de tenencia de la tierra con mayor superficie es el privado, seguido por el ejidal (INEGI 2007). De acuerdo con el INEGI (2009a), el matorral xerófilo es el tipo de vegetación con mayor superficie en el estado (31.5%), seguido por la agricultura y vegetación secundaria. Se calcula que de 1973 a 1993 hubo una tasa de deforestación de 0.2 a 0.5% anual (Aguilar *et al.* 2000). En cuanto a la superficie de territorio dedicada a la conservación de la biodiversidad, el estado cuenta con áreas naturales protegidas (ANP) que cubren 614 945.88 ha (8.2% del territorio): el Parque Nacional Sierra de Órganos con 1 125 ha; y dos áreas de protección de los recursos naturales (APRN): la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 01 Pabellón y la Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043 Estado de Nayarit, ambas compartidas con otros estados (CONANP 2011; véase “Áreas naturales protegidas” en esta misma obra).

Evaluación espaciotemporal del cambio de cobertura y uso del suelo

Para estimar e identificar espacialmente los cambios en la cobertura y uso del suelo en Zacatecas se utilizaron como insumos cartográficos las series III y IV del INEGI, escala 1:250 000, correspondientes a los años 2002 y 2007, respectivamente (INEGI 2005, 2009b). Para evaluar los cambios entre las coberturas y usos del suelo, la clasificación fue agrupada en nueve categorías (cuadro 1): 1) agrícola-pecuario-forestal, 2) asentamientos humanos, 3) bosques, 4) selvas, 5) matorral xerófilo, 6) pastizal natural, 7) cuerpos de agua, 8) sin vegetación aparente y 9) especial, que incluye otros tipos de vegetación, como son el

Farfán, M., G. Rodríguez-Tapia, Á.P. Cuervo-Robayo y T. Escalante. 2020. Cambio de uso del suelo: afectaciones y procesos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 355-363.

palmar natural y el mezquital, principalmente (figuras 1 y 2). Dentro de la categoría bosques se reúne a los bosques de coníferas, de encino y al mesófilo de montaña. Asimismo, la categoría selvas incluye a la baja caducifolia y baja subcaducifolia, junto con la selva alta perennifolia y mediana subperennifolia (cuadro 1).

A través del programa ArcGIS 9.3, los mapas con las nueve categorías antes descritas fueron comparados por medio de una sobreposición cartográfica y una tabulación cruzada para estimar los cambios (Eastman *et al.* 1994, Bocco *et al.* 2001). Esto permitió generar un mapa con las zonas deforestadas, así como de permanencia de coberturas naturales y antrópicas (figura 3). Por otra parte, se calculó una matriz con las transiciones futuras más probables para un periodo de cinco años

Cuadro 1. Tipos de vegetación y uso del suelo en el estado.

Categoría	Tipo de vegetación y uso del suelo
Agrícola-pecuario-forestal	Agricultura de riego y húmeda Agricultura de temporal Pastizal inducido Palmar inducido
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos Zonas urbanas
Bosques	Coníferas Encinos Mesófilo de montaña
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Especial	Palmar natural Mezquital Vegetación de galería y halófila Chaparral Otros tipos de vegetación
Matorral xerófilo	Matorral desértico Matorral crasicaule Matorral submontano
Pastizal natural	Pastizal halófilo Pastizal hipsófilo Pastizal natural
Selva	Selva alta perennifolia Selva mediana subperennifolia Selva baja caducifolia Selva baja subcaducifolia Selva de galería
Sin vegetación aparente	Sin vegetación aparente

Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2005, 2009b.

(cuadro 2), con valores de 0 a 1, en donde los valores cercanos a uno representan una alta probabilidad de cambio de un tipo de vegetación a otro, y los cercanos a cero una baja probabilidad. Además, se estimaron las tasas de cambio, con base en la ecuación utilizada por la FAO (1996), que se refiere a la pérdida de cobertura en una determinada área con respecto al total preexistente durante un periodo de tiempo (cuadro 3).

El término deforestación es utilizado para designar principalmente al remplazo de los bosques y selvas por pastizales y agricultura (Dirzo y García 1992).

Procesos de cambio de cobertura y uso del suelo (2002-2007)

Las coberturas naturales con mayor extensión en el estado son el matorral xerófilo (36.8% de la superficie total) y el pastizal natural (15%), seguidas de los bosques y las selvas (cuadro 2). Durante los cinco años de análisis se estimó una pérdida de 429 km² de pastizal natural y 237 km² de selvas (cuadro 2). La categoría especial, que se refiere a otros tipos de vegetación como palmares y mezquitales, representa menos del uno por ciento del territorio y tiene la tasa de pérdida más alta (2% por año); le siguen las selvas (1.3% por año). Estos cambios se han producido debido a un incremento en la superficie de las áreas agrícola-pecuario-forestales (0.5% al año), la cual es una de las transiciones con mayor probabilidad de ocurrencia (cuadro 3, figura 4). Otra tendencia importante es el aumento de los asentamientos urbanos (2.6% al año) y de las áreas sin vegetación aparente (3.1% al año; figura 4).

Las transiciones más probables durante el periodo de análisis correspondieron a las selvas (0.086) y al pastizal natural (0.060) hacia la categoría agrícola-pecuaria-forestal (cuadro 3), que integran parte de la dinámica de la deforestación. Por el contrario y aunque en menor medida (1.71%), el proceso de recuperación está dado por las categorías de agrícola-pecuario-forestal (0.038) y sin vegetación aparente (0.074) hacia el matorral xerófilo (cuadro 4).

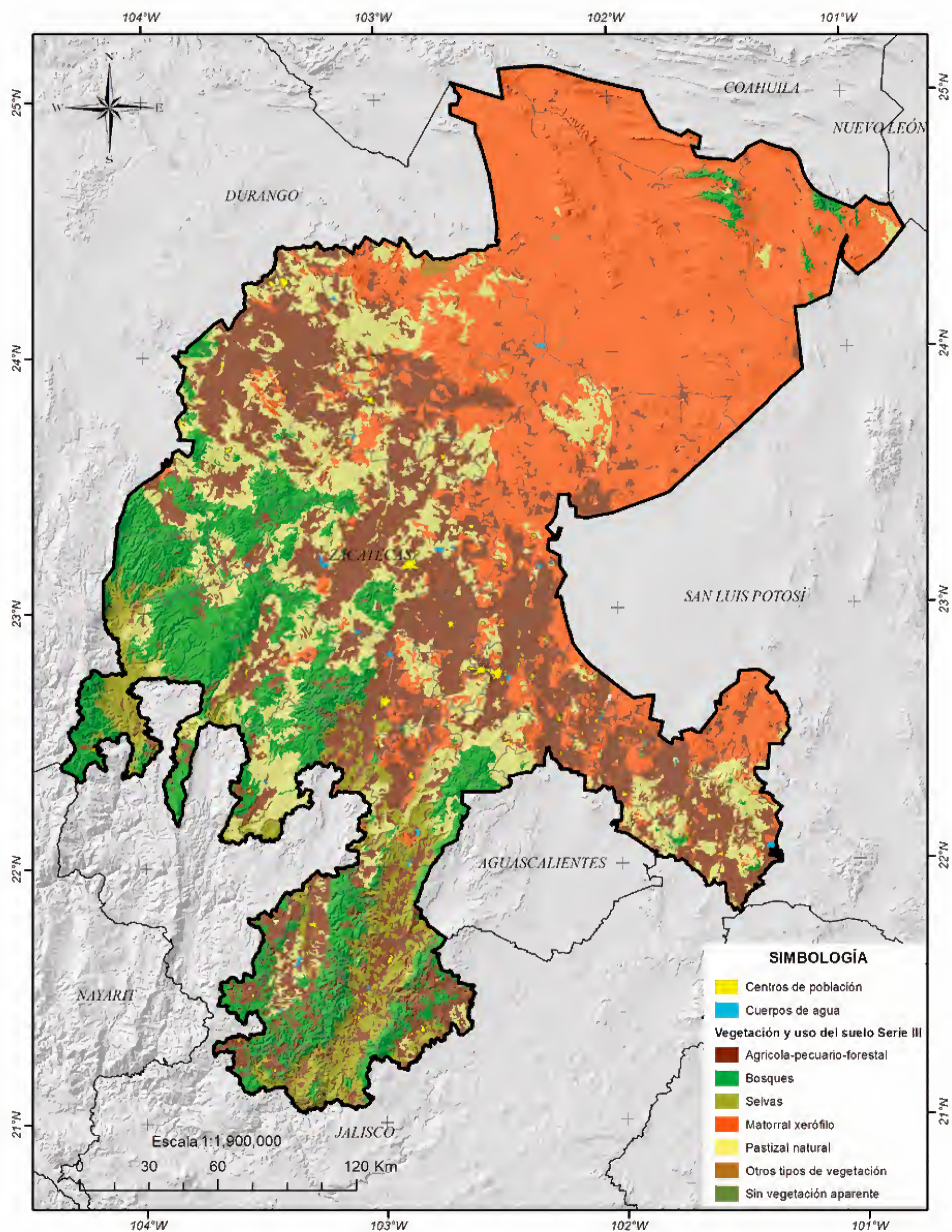


Figura 1. Categorías de uso del suelo en el estado según la serie III del INEGI. Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2005.

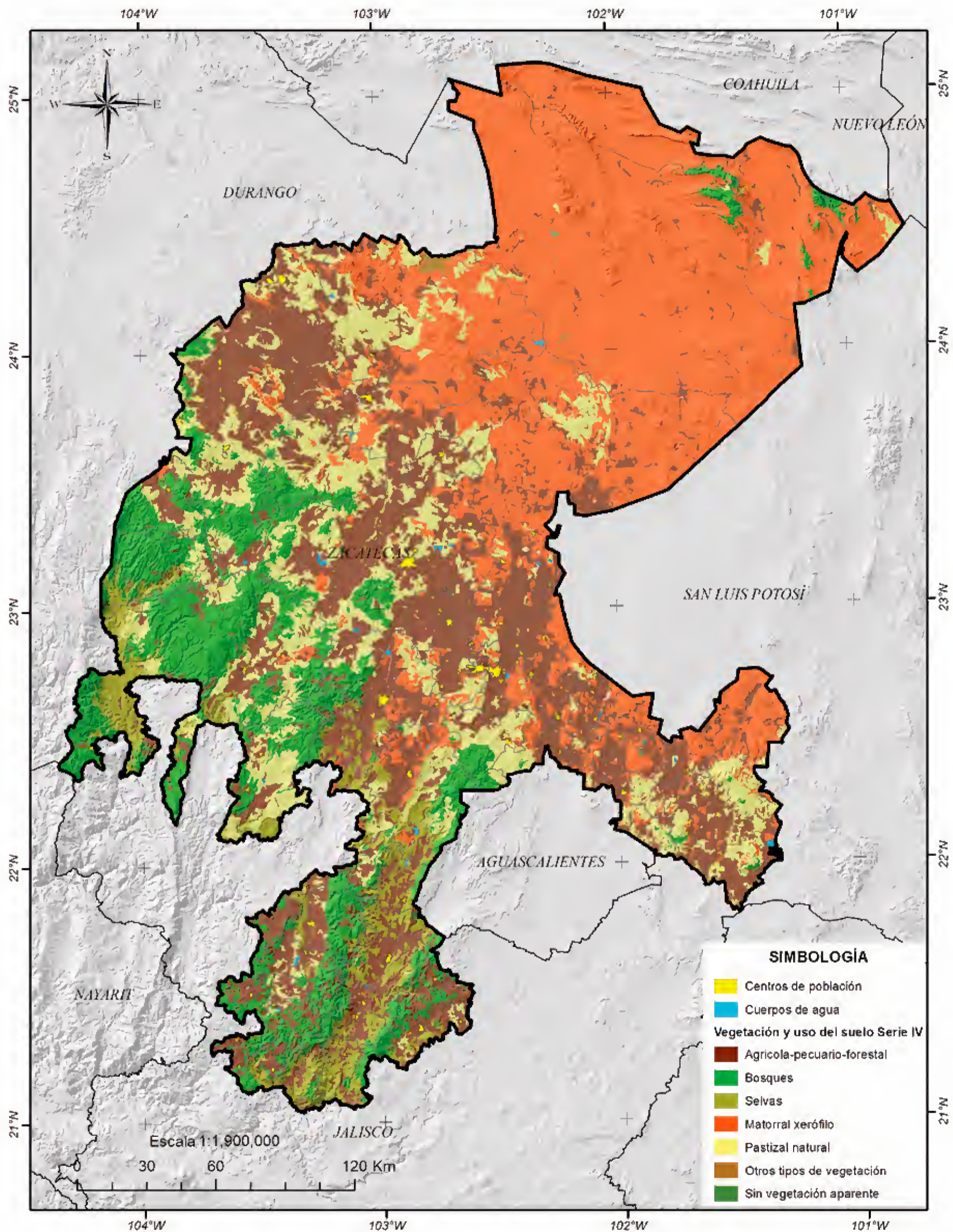


Figura 2. Categorías de uso del suelo en el estado según la serie IV del INEGI. Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2009b.

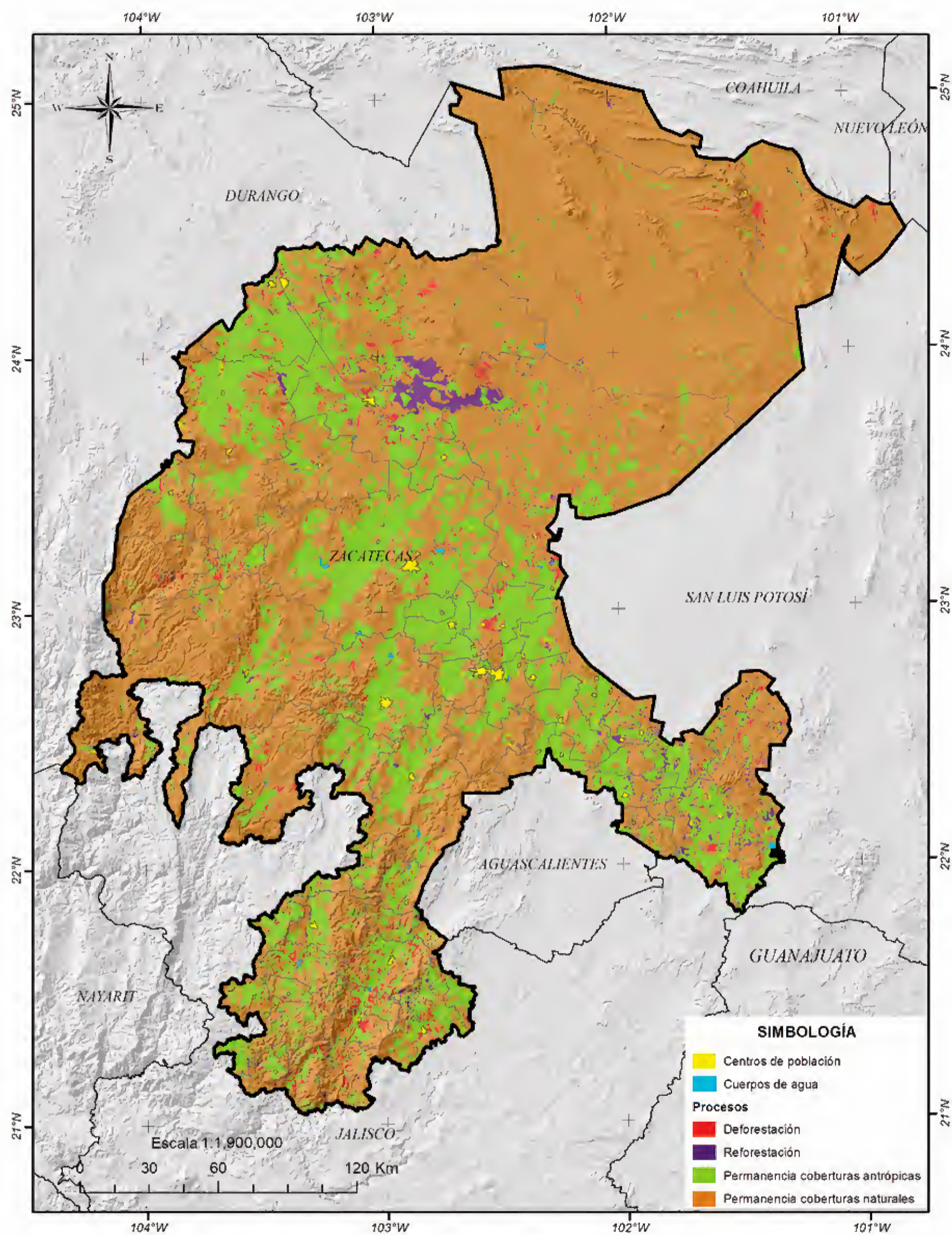


Figura 3. Mapa de los procesos de cambio. Se observan las zonas deforestadas, reforestadas y de permanencia entre 2002 y 2007. Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2005, 2009b.

Cuadro 2. Evolución de las coberturas y usos del suelo en superficie, porcentaje y tasa entre 2002 y 2007.

Categoría	Superficies					Tasa de cambio
	2002 (km ²)	%	2007 (km ²)	%	Cambio (2002-2007)	(%/año)
Sin vegetación aparente	18	0.02	21	0.03	3	3.13
Especial (otros tipos)	124	0.17	112	0.15	-12	-2.02
Cuerpo de agua	151	0.20	150	0.20	-1	-0.13
Asentamientos humanos	269	0.36	306	0.41	37	2.61
Selvas	3 739	5.02	3 502	4.70	-237	-1.30
Bosques	10 729	14.41	10 647	14.30	-82	-0.15
Pastizal natural	11 631	15.62	11 202	15.04	-429	-0.75
Agrícola-pecuario-forestal	20 635	27.71	21 146	28.39	511	0.49
Matorral xerófilo	27 184	36.50	27 394	36.78	210	0.15
Total	74 480	100.00	74 480	100.00		

Fuente: INEGI 2005, 2009b.

Efectos sobre la biodiversidad

La biodiversidad presenta una característica relevante desde el punto de vista geográfico: existen repeticiones entre los límites de distribución de los taxones que generan patrones como el endemismo. La presencia de dos o más taxones endémicos permite caracterizar provincias biogeográficas, las cuales no solo poseen biota restringida a ellas, sino que también comparten condiciones ambientales similares (Espinosa *et al.* 2001).

Cuando ocurre un cambio de las condiciones ambientales en el espacio geográfico donde las especies viven (por ejemplo, cambios en la cobertura vegetal o un cambio climático), es posible que ocurra alguna de estas opciones (Holt 1990):

- si las condiciones se encuentran en el intervalo de los parámetros que los organismos puedan soportar, sobrevivirán;
- si las condiciones se encuentran fuera de estos intervalos, entonces puede ocurrir que la especie se adapte a las nuevas condiciones, cambie su área de distribución hacia condiciones tolerables, o bien, se extinga.

Lo anterior sugiere que la disminución en las áreas de distribución de las especies, debido a los

cambios de la cobertura vegetal, puede modificar drásticamente los patrones de distribución geográfica como el endemismo (Escalante *et al.* 2007; véase “Efectos del cambio de uso del suelo en la distribución de tres especies de mamíferos” en esta misma obra). Además, este cambio no solo afectaría a los taxones endémicos, sino a la mayoría de las especies que se distribuyen en el estado.

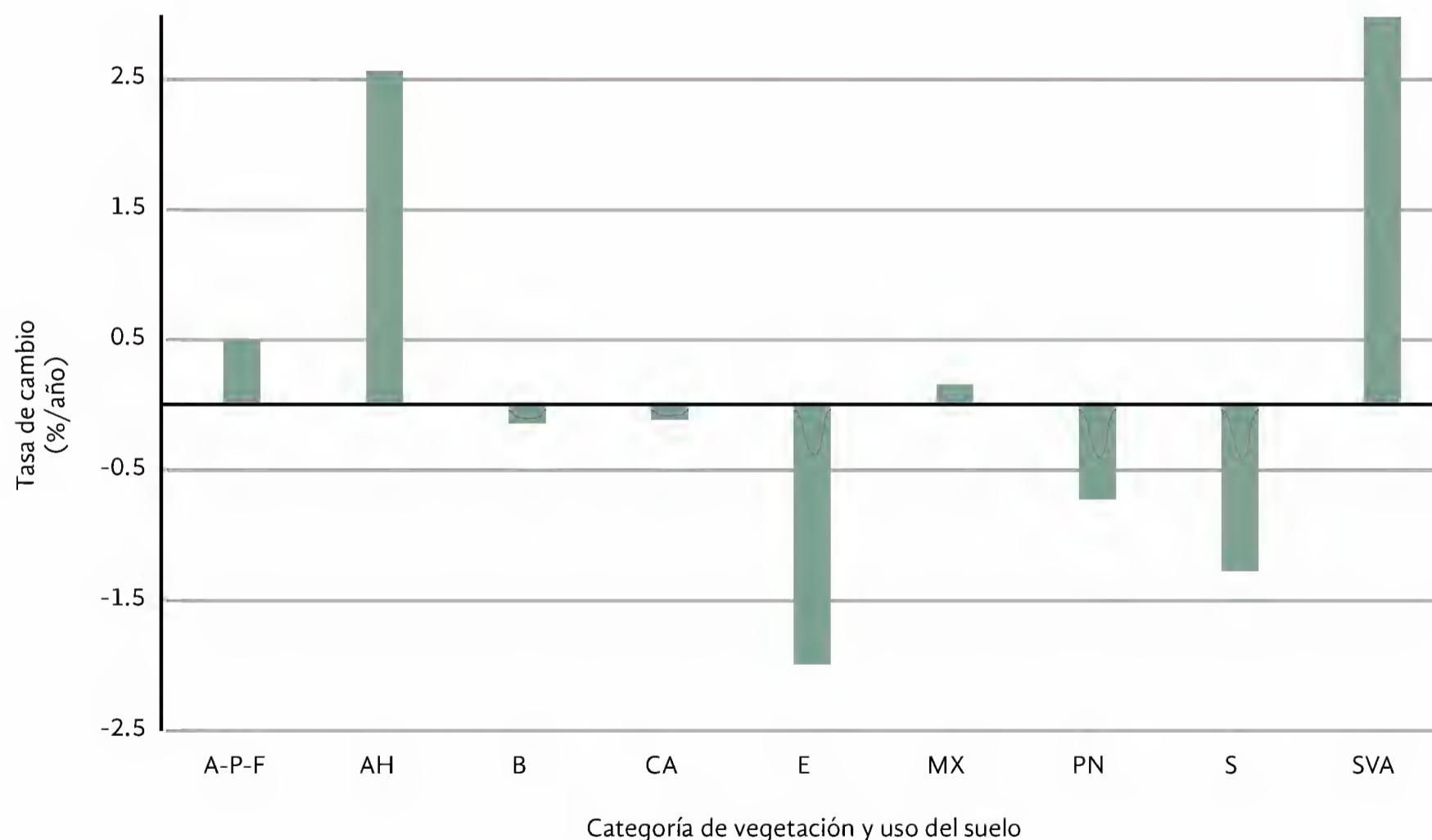
Conclusiones

Los procesos de cambio en la vegetación y uso del suelo observados plantean un desafío prioritario para la conservación de la biodiversidad en Zacatecas. En el periodo de tiempo analizado (2002-2007), la dinámica de cambio se caracterizó por la deforestación de las selvas, los pastizales naturales y otros tipos de vegetación (palmar natural, mezquital, chaparral, vegetación de galería y halófila), principalmente debido a la expansión agrícola-pecuaria y al crecimiento de los asentamientos humanos. Estos procesos se han documentado en otras partes del país y se ha planteado que pueden deberse a un efecto combinado de las políticas agrarias del gobierno bajo una tendencia neoliberal, las cuales promueven la creación de mayores

Cuadro 3. Matriz de probabilidad de cambio de Markov entre 2002 y 2007.

		2007								
		Agrícola-pecuario-forestal	Asentamientos humanos	Bosques	Cuerpos de agua	Especial (otros tipos)	Matorral xerófilo	Pastizal natural	Selva	Sin vegetación aparente
2002	Agrícola-pecuario-forestal	0.937	0.001	0.004	-	0.000	0.038	0.016	0.004	0.000
	Asentamientos humanos	0.006	0.992	-	-	-	0.000	0.001	0.000	-
	Bosques	0.017	0.000	0.977	-	-	0.000	0.003	0.003	-
	Cuerpos de agua	0.019	-	0.001	0.972	-	0.002	0.006	-	-
	Especial (otros tipos)	0.036	-	-	-	0.886	0.055	-	0.024	-
	Matorral xerófilo	0.022	0.000	0.000	-	0.000	0.975	0.003	0.000	0.000
	Pastizal natural	0.060	0.001	0.005	-	-	0.008	0.925	0.001	0.000
	Selva	0.086	0.000	0.007	-	0.000	0.000	0.003	0.904	0.000
	Sin vegetación aparente	0.003	-	-	-	-	0.074	-	-	0.923

Fuente: INEGI 2005, 2009b.

**Figura 4.** Tasa de cambio en superficie durante 2002 y 2005. APF: agrícola-pecuario-forestal; AH: asentamientos humanos; B: bosques; CA: cuerpos de agua; E: especial (otros tipos); MX: matorral xerófilo; PN: pastizal natural; S: selva; y SVA: sin vegetación aparente. Fuente: elaboración propia.

tierras productivas, sobre todo de pastizales para la cría de ganado (Ellis y Porter-Bolland 2008).

En este sentido, Zacatecas, con una extensión importante de matorral xerófilo y pastizal natural, sumada al crecimiento poblacional, presenta las condiciones propicias para desarrollar un panorama ganadero extensivo. Ante este escenario, se plantean diversas estrategias para mitigar y conservar sitios prioritarios del estado en términos de su uso potencial, biodiversidad y de los patrones evolutivos de las especies. Entre estas están el manejo forestal comunitario, el desarrollo de áreas naturales protegidas y el establecimiento de plantaciones comerciales. Esta última estrategia como una actividad orientada a establecer zonas definidas para la producción de forraje, con el fin de evitar la apertura constante y desordenada de nuevas tierras con el consecuente proceso de deforestación que fragmenta y degrada el hábitat.

Finalmente, el mecanismo más importante para encaminar las estrategias antes mencionadas para el estado es a través de la elaboración de un programa de ordenamiento ecológico del

Cuadro 4. Procesos de deforestación, recuperación y permanencia de las coberturas vegetales en Zacatecas (2002-2007).

Proceso	Periodo 2002-2007	
	km ²	%
Deforestación	1 823	2.45
Recuperación	1 274	1.71
Permanencia de coberturas antrópicas	19 630	26.36
Permanencia de coberturas naturales	51 753	69.49

Fuente: INEGI 2005, 2009b.

territorio. Esto permitiría definir políticas territoriales con base en la aptitud del terreno, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural (SEMARNAT 2012). Idealmente, su implementación territorial plantea un crecimiento económico sin que ello represente el deterioro de sus recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad.

Referencias

- Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: qué tan grave es el problema en México. *Biodiversitas* 30:7-11.
- Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera. 2001. La dinámica del cambio del uso de suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44:18-38.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2011. *Áreas protegidas decretadas*. En: <<http://www.conanp.gob.mx>>, última consulta: 12 de marzo de 2012.
- Dirzo, R. y M. García. 1992. Rates of deforestation in los Tuxtlas, a neotropical area in Southeast México. *Conservation Biology* 6:84-93.
- Eastman, J.R., J.E. Mckendry y M.A. Fulk. 1994. Change and time series analysis, vol 1. En: *Exploration in geographic system technology*. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), Génova, pp. 21-24.
- Ellis, E.A. y L. Porter-Bolland. 2008. Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan, Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:1971-1983.
- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J.J. Morrone y M. Linaje. 2007. Deforestation affects biogeographical regionalization: A case study contrasting potential and extant distributions of Mexican terrestrial mammals. *Journal of Natural History* 41:965-984.
- Espinosa D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. En: *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, pp. 31-37.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1996. *Forest resources assesment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change process*. No. 130. FAO, Roma.

- Holt, R.D. 1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in Ecology and Evolution* 5:311-315.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo, escala 1:250 000, Serie III "continuo nacional"*. INEGI, Aguascalientes.
- . 2007. *Censo agropecuario 2007: Censo agrícola, ganadero y forestal*. INEGI, México.
- . 2009a. *Anuario estadístico del estado de Zacatecas 2009*. INEGI, México.
- . 2009b. *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV "continuo nacional"*. INEGI, Aguascalientes.
- Lambin, E. 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21:375-393.
- Lambin, E., B. Turner, J. Helmut *et al.* 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11:261-269.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J. Reyes Díaz-Gallegos *et al.* 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5:249-261.
- Pascual-Aguilar, J.A. 2004. Dinámica reciente de usos de suelo en el continuo metropolitano de Valencia (1956-1998). *Cuadernos de Geografía* 76:183-202.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. *Diagnóstico del sector agropecuario del estado de Zacatecas 2010*. SAGARPA, México.
- Sánchez-Cordero, V., P. Iloldi-Rangel, T. Escalante *et al.* 2009. Deforestation and biodiversity conservation in Mexico. En: *Endangered species: New research*. A.M. Columbus y L. Kuznetsov (eds.). Nova Science Publishers, Inc., Nueva York, pp. 279-297.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. *Ordenamiento ecológico general del territorio*. En: <<http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamiento-ecologico/programa-de-ordenamiento-ecologico-general-del-territorio-poegt>>, última consulta: 25 de mayo de 2012.
- Velázquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos *et al.* 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62:21-37.

Efectos del cambio de uso del suelo en la distribución de tres especies de mamíferos

Michelle Farfán Gutiérrez • José Gerardo Rodríguez Tapia • Ángela Patricia Cuervo Robayo
Tania Escalante Espinosa

La mayor parte de Zacatecas se encuentra ubicada en la provincia del Altiplano mexicano (Morrone 2005, González 2011), la que algunos autores reconocen como provincia Zacatecana o Altiplano sur (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo 1990, Arriaga *et al.* 1997), y solo la parte suroeste del estado confluye con la provincia Sierra Madre Occidental (Morrone 2005).

En las zonas áridas del norte de México se han reconocido tres especies características de mamíferos: 1) el berrendo (*Antilocapra americana*), 2) la ardilla moteada (*Spermophilus spilosoma*) y 3) la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*; González 2011). Aunque ninguna de estas tres especies tiene un área de distribución muy pequeña ni está restringida a los límites geopolíticos del país o de Zacatecas, su importancia en términos de conservación está relacionada con su presencia exclusiva en el norte; una probable evidencia de los límites de la provincia del Altiplano mexicano (González 2011) y de la región Neártica, en sentido estricto, en México.

Las poblaciones mexicanas del berrendo están catalogadas como en peligro de extinción en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) y toda la especie está incluida en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES); mientras que la zorra del desierto está categorizada como amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010).

Con el propósito de cuantificar los cambios en la distribución potencial del berrendo, la ardilla moteada y la zorra del desierto, a partir de los

cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal del estado, y asumiendo que los cambios en la cobertura vegetal son producto de la deforestación (categorías agrícola-pecuario-forestal y asentamientos humanos) y resultan en hábitats inadecuados para la sobrevivencia de las especies, se elaboraron modelos de distribución potencial.

Los modelos se generaron con un algoritmo de máxima entropía (Phillips *et al.* 2006, Phillips y Dudík 2008), datos de colecciones y bibliografía (Escalante y Rodríguez 2011) y 19 variables bioclimáticas (Hijmans *et al.* 2005). A partir de un modelo promedio, y con la finalidad de obtener un modelo de distribución potencial que represente la distribución geográfica original de las especies, se asumió que todas las áreas con 10% de localidades predichas con las probabilidades más bajas no forman parte de las distribuciones potenciales. Por otro lado, se eliminaron todas las áreas que correspondían a hábitats transformados en 2007. Finalmente, para cada especie se cuantificó la diferencia en la superficie ocupada entre el modelo de distribución original y al que se le eliminaron los hábitats transformados.

Resultados

Los resultados mostraron que *A. americana* presentó una reducción de su área de distribución potencial en un 27.4%, quedando solo 72.6% de su área de distribución original (figura 1). Hoy en día solo se conocen muy pocas poblaciones de *A. americana* y se le considera extirpada de gran parte de su área de distribución, incluyendo

Farfán, M., G. Rodríguez-Tapia, Á.P. Cuervo-Robayo y T. Escalante. 2018. Efectos del cambio de uso del suelo en la distribución de tres especies de mamíferos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 364-369.

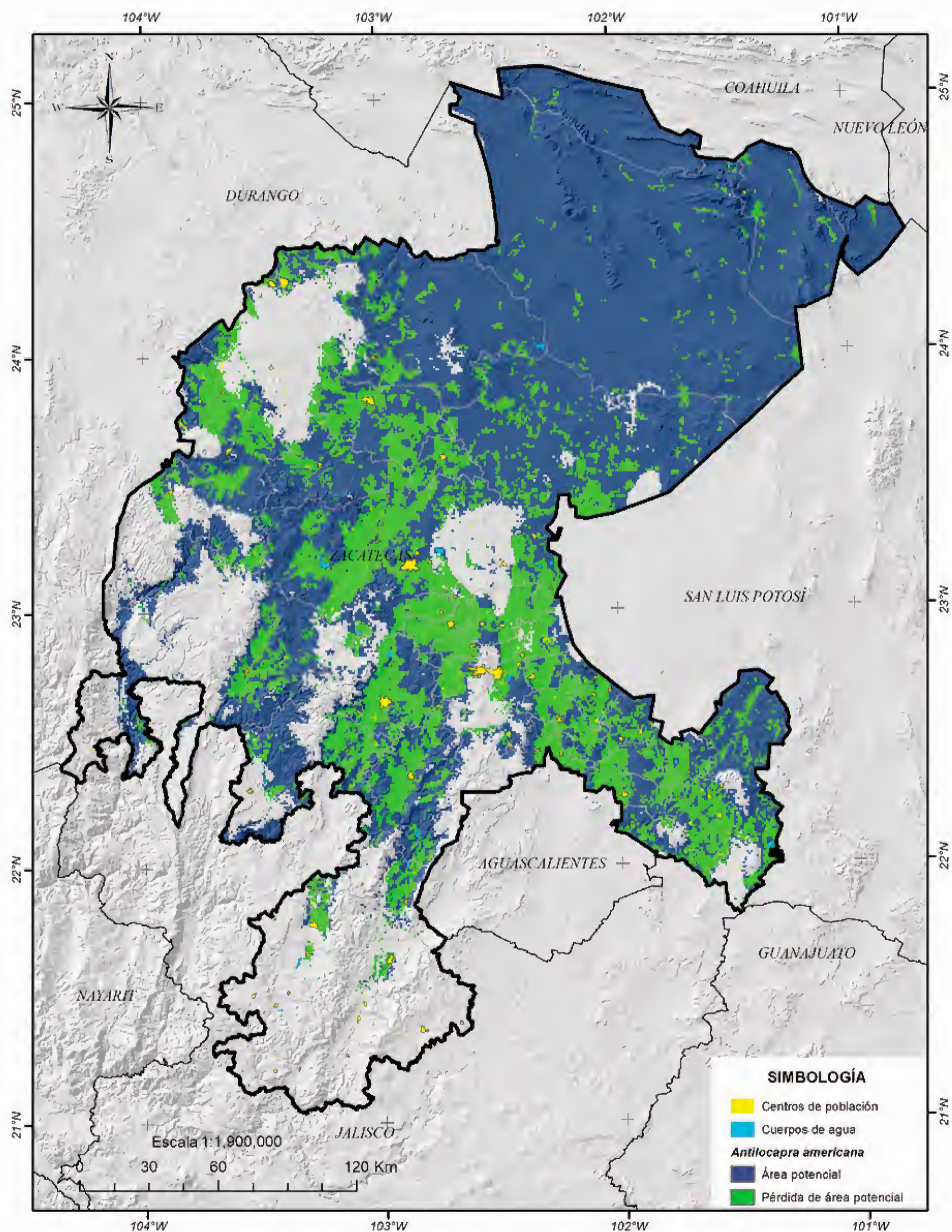


Figura 1. Cambios en el área de distribución potencial del berrendo (*Antilocapra americana*) en Zacatecas, de acuerdo con la distribución original y las áreas transformadas de 2007. Fuente: elaboración propia.

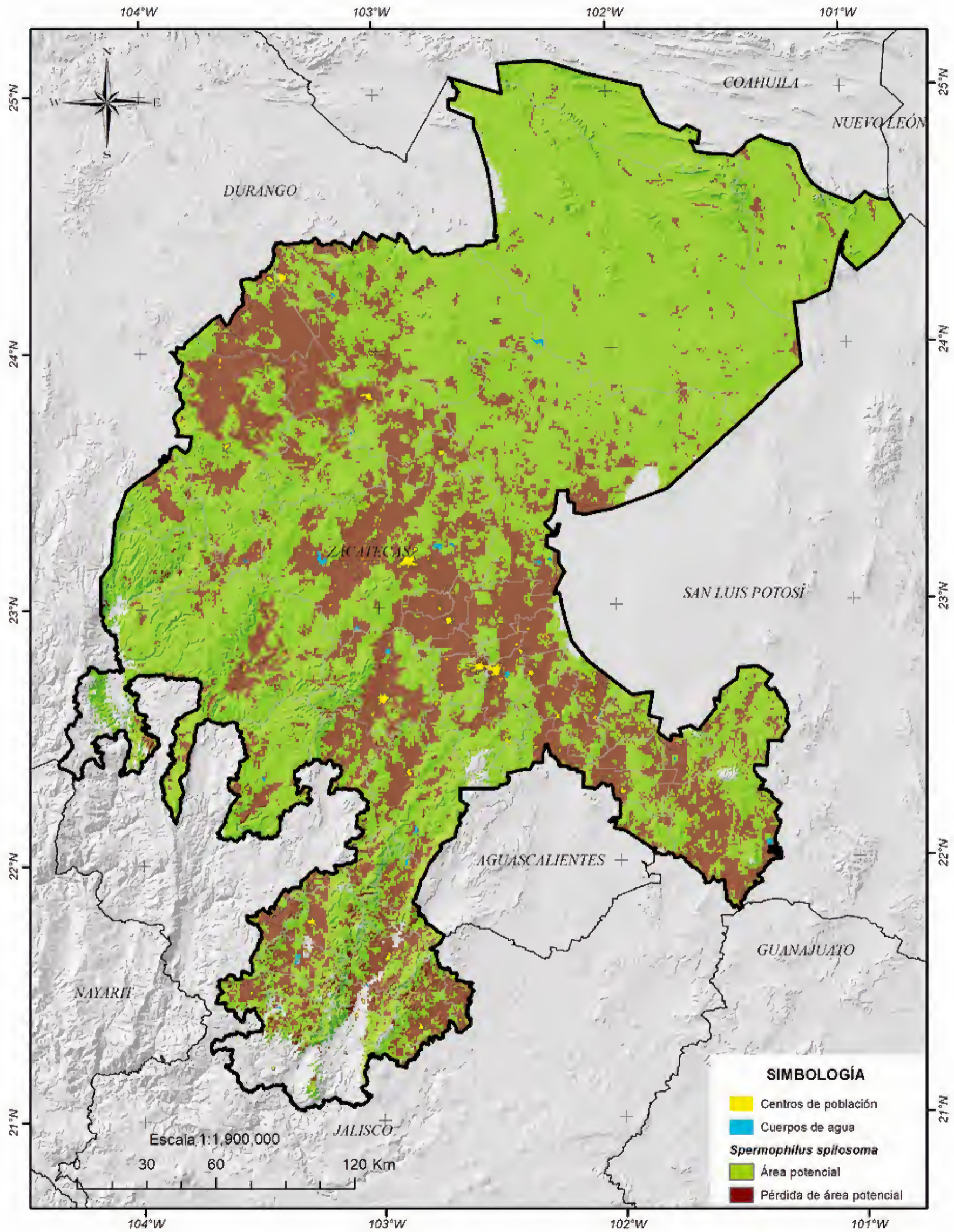
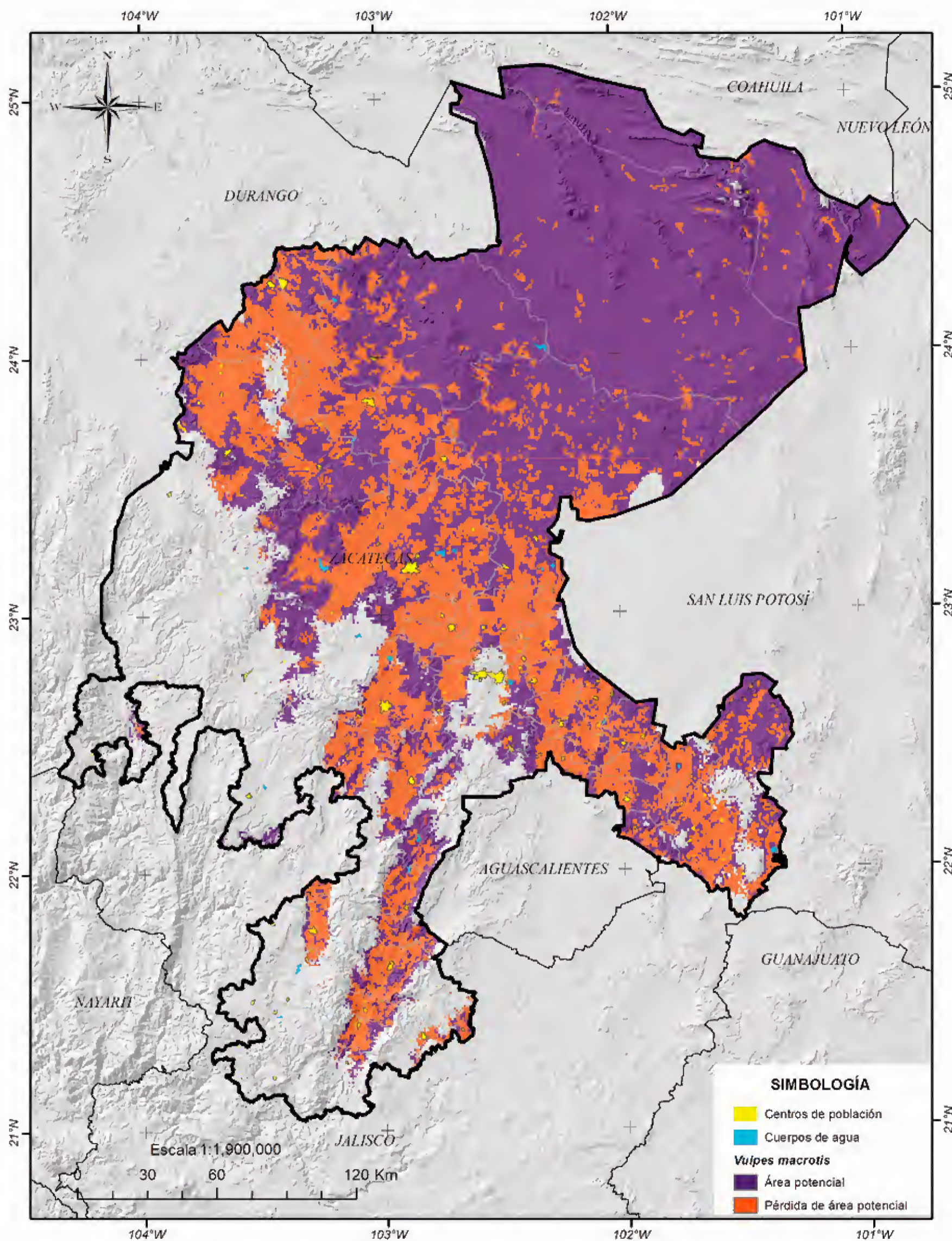


Figura 2. Cambios en el área de distribución potencial de la ardilla moteada (*Spermophilus spilosoma*) en Zacatecas, de acuerdo con la distribución original y las áreas transformadas de 2007. Fuente: elaboración propia.



ESTUDIO DE CASO

Figura 3. Cambios en el área de distribución potencial de la zorra del desierto (*Vulpes macrotis*) en Zacatecas, de acuerdo con la distribución original y las áreas transformadas de 2007. Fuente: elaboración propia.

Zacatecas (Cancino 2005), ya que su distribución histórica ha sido fuertemente reducida por el cambio en el uso del suelo. Por su parte, *S. spilosoma* perdió 28.6% de su área, manteniendo solo 71.4% (figura 2) y *V. macrotis* mantuvo como área remanente 69.5%, perdiendo 30.5% de su hábitat potencial original (figura 3).

Más allá del número total de kilómetros perdidos de área potencial por especie (cuadro 1), se observa una importante fragmentación de las áreas de las tres especies, principalmente en una franja que corre de noroeste a sureste en el centro del estado. Esto puede generar efectos negativos importantes en los patrones de diversidad, la abundancia de las poblaciones, la diversidad genética, las tasas de crecimiento de las poblaciones, las interacciones ecológicas, entre otros, hasta riesgos de extirpación y extinción (Fahrig 2003).

La superficie total de áreas protegidas en el estado (estatales y federales; véase "Áreas naturales protegidas" en esta misma obra) ocupa apenas 0.82% del estado, por lo que protegen una mínima fracción del área de distribución de estas especies. Por lo anterior, es necesario establecer medidas de protección y restauración en las áreas que mantienen vegetación natural, principalmente hacia el noreste del estado, por arriba de los 23.5° de latitud norte, lo cual también permite evitar las áreas con mayor nivel de riesgo (presión) de deforestación (INE 2012). En el caso del berrendo, además de la protección de su hábitat potencial, sería recomendable implementar programas de reintroducción (véase "Reintroducción del berrendo (*Antilocapra americana*)" en esta misma obra).

Cuadro 1. Diferencia en la extensión del área de distribución original y después de evaluar los efectos del cambio de uso del suelo (hasta 2007) en tres especies de mamíferos de Zacatecas.

Nombre común	Nombre científico	Extensión original (km ²)	Extensión en 2007 (km ²)	Diferencia (km ²)
Berrendo	<i>Antilocapra americana</i>	56 002	40 671	15 331
Ardilla moteada	<i>Spermophilus spilosoma</i>	72 691	51 884	20 807
Zorra del desierto	<i>Vulpes macrotis</i>	55 939	38 837	17 103

Fuente: elaboración propia con base en INEGI 2009.

Referencias

- Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa y R. Jiménez (coords.). 1997. *Regionalización ecológica y biogeográfica de México*. CONABIO, México.
- Cancino, J. 2005. *Antilocapra americana*: berrendo. En: *Los mamíferos silvestres de México*. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). FCE/CONABIO, México, pp. 502-504.
- Escalante, T. y G. Rodríguez. 2011. Base de datos geoespacial de mamíferos terrestres de América del Norte: una aproximación a sus patrones biogeográficos y conservación. En: *Memorias de la XIX Reunión Nacional SELPER-México*. Morelia.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34:487-515.
- González, J.R. 2011. *Caracterización biogeográfica de la provincia del Altiplano Mexicano*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.
- Hijmans, R.J., S. Cameron y J. Parra. 2005. *WorldClim v. 1.3*. En: <<http://www.worldclim.org/>>, última consulta: 18 de abril de 2012.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2012. *Índice de riesgo de deforestación*. En: <http://www.ine.gob.mx/imgs/dgi-pea/irdef_zac.jpg>, última consulta: 30 de mayo de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV (continuo nacional)*. INEGI, Aguascalientes.

Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.

Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.

Phillips, S.J. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.

Ramírez-Pulido, J. y A. Castro-Campillo. 1990. *Provincias mastofaunísticas escala 1: 4 000 000, IV.8.8a, Atlas Nacional de México. Volumen 2.* Instituto de Geografía-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. Texto vigente.



Uso y comercio de especies silvestres

Adrián Reuter Cortés

Las especies silvestres proveen alimento, medicinas, vestido y otras necesidades. México es muy activo en el uso y comercio de especies silvestres, es zona de tránsito y proveedor, así como consumidor de especies, partes (por ejemplo la corteza o las hojas de un árbol) y derivados (por ejemplo medicamentos o remedios fabricados a partir de especies de plantas o animales de origen silvestre) que provienen de otros países (Reuter y Mosig 2010).

En este capítulo se da un panorama general del uso y comercio de las especies silvestres en Zacatecas, se describen los efectos de estas actividades en sus poblaciones y en el ambiente, y finalmente se reflexiona sobre temas relativos al control, regulación y uso sustentable.

Efectos del uso y comercio de las especies silvestres

La sobreexplotación de la vida silvestre juega un papel relevante al acelerar la actual crisis de extinción, y ha sido reconocida por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) como una de las cinco principales presiones que conducen a la pérdida de diversidad biológica en México y el mundo, junto con la fragmentación del hábitat, la contaminación, la introducción de especies exóticas y el cambio climático (MA 2005). Además de su supervivencia, la sobreexplotación, el uso no sostenible y el comercio ilegal de las especies silvestres, amenaza los ecosistemas y las comunidades humanas y economías locales que dependen directamente de ellos para su seguridad alimentaria y sistemas de salud (Reuter 2010). Asimismo, el comercio y el tráfico no controlado de especímenes vivos puede poner en riesgo poblaciones completas de otras especies si se convierten en un vehículo potencial de dispersión de enfermedades infectocontagiosas (CCA 2005).

Aprovechamiento de las especies silvestres en el estado

El estado presenta una amplia gama de ecosistemas con gran biodiversidad y desde tiempos inmemoriales sus pobladores han hecho uso de las diversas plantas y animales de origen silvestre que habitan en ellos (cuadros 1 y 2). No es de sorprender, entonces, que la flora y fauna hayan sido siempre una parte integral de la cultura, como puede observarse en las expresiones artísticas y religiosas de las diversas etnias desde la época prehispánica. Lo anterior puede ejemplificarse claramente con los huicholes, quienes veneran al venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y al águila real (*Aquila chrysaetos*), y usan plantas como el peyote (*Lophophora williamsii*) para ciertos rituales y ceremonias.

Hasta el momento se sabe que en Zacatecas se usan y comercian, tanto legal como ilegalmente, especies de flora y fauna para diversos fines, como alimento, medicina, mascotas, vestido, ornamental, productos maderables, cacería y rituales religiosos (cuadros 1 y 2; véase “Usos y mitos sobre anfibios y reptiles” en esta misma obra). Sin embargo, prevalece entre los diversos sectores de la población un desconocimiento sobre el estado actual de estos recursos silvestres y las amenazas que enfrentan, el marco legal al que están sujetas y los beneficios ecológicos y socioeconómicos que pueden proveer si se conservan y manejan de manera sostenible.

El comercio ilícito de especies silvestres

Un ejemplo preocupante del comercio y aprovechamiento ilícito de especies silvestres en Zacatecas es la extracción ilegal de diversas especies

Reuter Cortés, A. 2020. Uso y comercio de especies silvestres. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 370-375.

Cuadro 1. Ejemplos de especies de fauna silvestre utilizadas en el estado.

Especie	Nombre común
<i>Amazona sp.</i>	Loro
<i>Aratinga canicularis</i>	Perico frente naranja
<i>Athene noctua</i>	Lechuza
<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja
<i>Canis latrans</i>	Coyote
<i>Caracara plancus</i>	Caracara
<i>Cardinalis sinuatus</i>	Cardenal pardo
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Pinzón mexicano
<i>Crocodylus sp.</i>	Cocodrilo
<i>Crotalus sp.</i>	Cascabel
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
<i>Heloderma suspectum</i>	Monstruo de Gila o escorpión
<i>Icterus sp.</i>	Calandria
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde
<i>Mimus sp.</i>	Cenzontle
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
<i>Panthera onca</i>	Jaguar
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Aguililla rojinegra
<i>Pituophis deppei</i>	Alicante
<i>Ptylogonys cinereus</i>	Capulinero gris
<i>Spilogale gracilis</i>	Zorrillo manchado

Fuente: elaboración propia.

de cactus del Desierto Chihuahuense (cuadro 2), que es uno de los ecosistemas biológicamente más ricos del planeta, con aproximadamente 25% de las cactáceas a nivel global, y el cual se interna en territorio zacatecano (Robbins 2003). De hecho, alrededor de 46% de la flora vascular de esta ecorregión, una de las más importantes de Norteamérica, se encuentra representada en Zacatecas (Balleza y Villaseñor 2011).

A pesar de que la colecta de plantas silvestres está estrictamente regulada, y en algunos casos incluso prohibida por la legislación mexicana, los cactus y sus semillas son el blanco de coleccionistas,

Cuadro 2. Ejemplos de especies de flora utilizadas en el estado.

Especie	Nombre común
<i>Lophophora williamsii</i>	Peyote
<i>Astrophytum myriostigma</i>	Birrete de obispo
<i>Aztekium hintonii</i>	Bizgana piedra del yeso
<i>Echinocereus pectinatus</i>	Biznaga
<i>Ferocactus latispinus</i>	Biznaga
<i>Opuntia imbricata</i>	Cardenche
<i>Turbiniarpus valdezianus</i>	Biznaga cono invertido
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo
<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	Candelilla
<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero
<i>P. johannis</i>	Pino
<i>P. pinceana</i>	Pino
<i>P. maximartinezii</i>	Pino azul
<i>P. pseudostrobus</i>	Pino
<i>P. ayacahuite</i>	Pino
<i>P. michoacana</i>	Pino
<i>P. montezumae</i>	Pino
<i>P. engelmannii</i>	Pino

Fuente: elaboración propia.

turistas desinformados y gente que buscan el beneficio económico.

De acuerdo con cifras oficiales, solo entre 1996 y el 2000 se incautaron más de 8 mil especímenes de cactus en México. Adicionalmente, para ese periodo 1 180 cactus se aseguraron en puertos de los Estados Unidos, de viajeros que regresaban o pasaban por aquel país, estimándose en 321 especímenes los que procedían del Desierto Chihuahuense (Robbins 2003).

Algunas de las especies que han sido decomisadas son: *Echinocereus pectinatus*, *Ferocactus latispinus*, *Opuntia imbricata* y *Turbiniarpus valdezianus* (Almeida et al. 2010), e inclusive especies que están al borde de la extinción, como el birrete de obispo (*Astrophytum myriostigma*) o la biznaga piedra del yeso (*Aztekium hintonii*, figura 1; Robbins 2003).



Figura 1. Biznaga piedra del yeso (*Aztekium hintonii*). Foto: Carlos Gerardo Velazco Macías/Banco de imágenes CONABIO.

Otras especies de plantas y sus derivados, tales como el ocotillo (*Fouquieria splendens*) o la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), también son traficadas ilegalmente, así como diversas especies de reptiles incluyendo serpientes y lagartos, algunos amenazados, como ciertas víboras de cascabel y el monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*; figura 2).

Desgraciadamente, muchas de las especies producto de la propagación artificial, que actualmente están disponibles comercialmente en los mercados extranjeros, son descendientes de semillas o plantas exportadas ilegalmente de México por coleccionistas privados.

Actuaciones recientes de la PROFEPA en materia de vida silvestre en el estado

La realidad del aprovechamiento ilegal de las especies silvestres y otros recursos naturales en la entidad, se refleja en el constante actuar de las autoridades encargadas de combatir estos actos

ilícitos. Por ejemplo, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) reportó la realización de 107 inspecciones, operativos y visitas de inspección y vigilancia dirigidos a combatir el tráfico ilegal de vida silvestre de enero de 2010 a julio de 2012 (IFAI 2013). Asimismo, entre enero de 2005 y junio de 2012, se aseguraron, y mayormente se decomisaron, un total de 329 ejemplares de fauna silvestre, entre los que predominó el grupo de las aves (cuadro 3).

Entre 2005 y 2012, las especies de fauna más comúnmente encontradas en el comercio ilegal son: el búho cornudo (*Bubo virginianus*; figura 3), diversos loros (*Amazona* sp.), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y la víbora de cascabel (*Crotalus* sp.).

Aprovechamiento legal de las especies silvestres

Hoy en día, el marco legal mexicano permite el aprovechamiento comercial de los recursos naturales



Figura 2. Monstruo de Gila (*Heloderma suspectum*). Foto: Julio Lemos Espinal/Banco de imágenes CONABIO.

y biodiversidad, siempre y cuando se realice bajo ciertos criterios que aseguren su sustentabilidad y se cumpla con los requisitos establecidos en las leyes y normas aplicables, con el fin de no afectar la estabilidad de las poblaciones naturales (Reuter y Mosig 2010). En este contexto se han desarrollado esquemas legales de aprovechamiento, como las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) y los predios o instalaciones que manejan vida silvestre (PIMVS).

Las UMA y los PIMVS son instrumentos desarrollados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que tienen como objetivo general la conservación del hábitat natural y de sus poblaciones de especies silvestres, a través de su aprovechamiento sustentable (véase “Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre” en esta misma obra). De esta manera, se evitan las prácticas de subvaloración y abuso de los recursos naturales, y además se generan oportunidades de aprovechamiento complementarias a otras actividades productivas convencionales, como la agricultura, la ganadería y la silvicultura, logrando una nueva percepción por parte de los propietarios o legítimos poseedores

de tierras en cuanto a los beneficios derivados de su conservación (SEMARNAT 2013).

Sin embargo, a pesar de tener un marco legal nacional para regular estas actividades a nivel doméstico y la existencia de instrumentos, como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), para regular el comercio a nivel internacional, la situación es en extremo preocupante.

La CITES es un instrumento que regula el comercio internacional de especímenes de especies de fauna y flora silvestres incluidas en sus apéndices (listados de especies en distintos grados de amenaza y en el comercio internacional), basándose en un sistema de permisos y certificados que solo se conceden una vez satisfechos ciertos requisitos y que deben presentarse al salir o entrar de un país. La finalidad de la CITES es garantizar que el comercio internacional de especímenes silvestres de fauna y flora no constituya una amenaza para su supervivencia (Reuter *et al.* 2010).

Conclusiones

La biodiversidad de Zacatecas enfrenta amenazas, entre las que destaca la sobreexplotación de las

Cuadro 3. Especies silvestres aseguradas/decomisadas entre 2005 y 2012 en el estado.

Grupo biológico	Año							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Aves	1	80	0	61	14	0	60	14
Reptiles	0	0	5	0	0	0	35	0
Mamíferos	0	2	3	0	0	0	51	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0	3*
Total (211)	1	82	8	61	14	0	146	17

* Trofeos de caza.

Fuente: PROFEPA 2012.

especies silvestres de flora y fauna, por ejemplo cactus, víboras de cascabel, loros, cardenales y rapaces, que cumplen funciones ecológicas importantes. Esto a su vez, pone en riesgo a las comunidades humanas y economías locales que dependen directamente de estas para subsistir, como aprovechamientos forestales o de subsistencia.

Por lo anterior, es importante concienciar a la población zacatecana sobre el estatus actual de su biodiversidad y las amenazas que enfrenta, así como del marco legal a la que están sujetas, y los beneficios ecológicos y socioeconómicos que pueden proveer si se conservan y manejan de manera sustentable.

No obstante, esto debe ser acompañado de una mayor oferta de opciones y oportunidades ecológica y económicamente viables para que cada vez más personas, particularmente aquellas que habitan en las áreas rurales del estado, se incorporen a los esquemas de aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, como las UMA y los PIMVS. Especies con valor cinegético que se encuentran en la entidad (como el venado cola blanca), y otras como las cactáceas, la candelilla o algunas aves canoras y de ornato, pueden ser aprovechadas de forma sustentable y contribuir no solo a crear incentivos para su conservación en el medio silvestre, sino también a mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades, ofreciendo alternativas económicas que bien manejadas brinden beneficios a perpetuidad.

Asimismo, se deben reforzar las capacidades locales de aplicación de la ley en materia de vida

silvestre para hacerla más efectiva, así como identificar y, en su caso, resolver cualquier vacío e imprecisión en la legislación con el fin de armonizar este marco legal y apoyar la aplicación efectiva de las leyes y regulaciones (Reuter y Habel 2004).

Considerando que muchas de las especies, sus partes y derivados también son comercializados internacionalmente, es fundamental fortalecer las herramientas internacionales (p.e. CITES) a través de la capacitación, la divulgación de materiales de referencia, equipamiento, desarrollo de alianzas estratégicas, entre otros, que ayuden a controlar y monitorear estos movimientos, minimizando los



Figura 3. Búho cornudo (*Bubo virginianus*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes CONABIO.

riesgos potenciales por el movimiento transfronterizo de patógenos y especies invasoras de procedencia ilegal.

Adicionalmente, es fundamental que se realicen los estudios y análisis necesarios, previo a la autorización del aprovechamiento de cada especie, para garantizar que el impacto sobre las poblaciones silvestres no sea negativo. Reducir y controlar el flujo de comercio ilegal y no sustentable de vida silvestre aporta beneficios a las

economías locales, y a la conservación de las especies silvestres y sus hábitats.

Esta labor no es fácil y requiere de la voluntad, disposición y colaboración entre los diversos actores relevantes, tanto del sector gubernamental (autoridades de gestión y aplicación de la ley presentes en el estado), como del no gubernamental, incluida la sociedad civil, universidades e institutos de investigación, y sector privado.

Referencias

- Almeida, G., P. Mosig y A. Reuter. 2010. *Cactáceas mexicanas sujetas a comercialización: bases para su identificación*. Módulo de capacitación. TRAFFIC Norteamérica/WWF México, México.
- Balleza, J.J. y J.L. Villaseñor. 2011. Contribución del estado de Zacatecas (México) a la conservación de la riqueza florística del Desierto Chihuahuense. *Acta Botanica Mexicana* 94:61-89.
- CCA. Comisión para la Cooperación Ambiental. 2005. *Illegal trade in wildlife. A North American perspective*. CEC/NAWEG, Montreal.
- IFAI. Instituto Federal de Acceso a la Información. 2013. *Oficio No. PFFPA/5.3/12.6/11996, respuesta a la consulta a la PROFEPA través del IFAI*. México (inédito).
- MA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. J. Sarukhán y A. Whyte (eds). Island Press, Washington, D.C.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2012. *Oficio No. PFFPA/5.3/12.6/11996 en respuesta a solicitud de información a través del IFAI*. México (inédito).
- Reuter, A. 2010. *Especies, partes y derivados de origen silvestre: generalidades sobre su comercio*. 2a ed. Módulo de capacitación. TRAFFIC Norteamérica/WWF México, México.
- Reuter, A. y S. Habel. 2004. *Brief assessment on wildlife related topics in Mexico. Consultant's report*. Conservation International/TRAFFIC Norteamérica, México.
- Reuter, A. y P. Mosig. 2010. *Comercio y aprovechamiento de especies silvestres en México: observaciones sobre la gestión, tendencias y retos relacionados*. TRAFFIC Norteamérica, México.
- Reuter, A., P. Mosig, J. Álvarez y G. Almeida. 2010. *Generalidades de la cites. Módulo de capacitación 2ª ed.* TRAFFIC Norteamérica/WWF México, México.
- Robbins, C.S. (ed.). 2003. *Comercio espinoso: comercio y conservación de cactus en el Desierto Chihuahuense*. TRAFFIC Norteamérica/WWF, Washington, D.C.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. *Unidades de manejo para el aprovechamiento sustentable*. En: <<http://mapas.semarnat.gob.mx/SIGEIA5e-5PUBLICO/BOS/metadatos/umas.htm>>, última consulta: agosto de 2013.

Vertebrados exóticos

Héctor Ávila Villegas

Los ecosistemas y las especies que los habitan están desapareciendo a una velocidad hasta cuatro veces mayor que antes del desarrollo de las sociedades humanas (Baena *et al.* 2008). Las cinco causas directas más importantes que están ocasionando esta pérdida son: 1) la destrucción de hábitats, 2) el cambio climático, 3) la introducción de especies exóticas, 4) la sobreexplotación de los recursos y 5) la contaminación (Lowe *et al.* 2004, MA 2005).

Las especies exóticas son aquellas que se encuentran fuera de su área de distribución natural por medios que son diferentes a su propia capacidad de desplazamiento, al ser transportadas de manera intencional o accidental por las personas, o por medios naturales como vientos y corrientes marinas (Álvarez-Romero *et al.* 2008, Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010). Las especies exóticas invasoras, además de encontrarse fuera de su área natural de distribución, son capaces de sobrevivir, reproducirse y establecerse en los nuevos hábitats, amenazando a la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública (SEMARNAP 2000). Asimismo, pueden generar importantes pérdidas económicas al ser humano, afectan los ambientes acuáticos, los sistemas agropecuarios, la infraestructura pública y la calidad de los paisajes de valor turístico e histórico, por mencionar algunos ejemplos (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010).

En México se han registrado alrededor de mil especies exóticas, entre vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), invertebrados (insectos, crustáceos, moluscos), plantas y algas, y se cree que este número podría llegar a ser mucho mayor en la medida en que se detecten y reporten nuevas especies (CONABIO 2014).

En este capítulo se describe brevemente cómo las especies exóticas amenazan a la biodiversidad y se enlistan los vertebrados exóticos presentes en la entidad con base en información bibliográfica, además se plantean algunas recomendaciones a seguir para su atención a nivel local.

Vías de ingreso y efectos de las especies exóticas

El problema de las especies exóticas invasoras se desestimó durante muchos años. Actualmente se tiene un mejor conocimiento sobre los mecanismos o rutas de introducción y, en menor medida, se conocen sus efectos en los ecosistemas y sus repercusiones económicas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010). Estas especies ingresan a nuevos hábitats principalmente por: a) el comercio de mascotas, b) el uso cinegético, c) el transporte accidental y d) el control biológico (cuadro 1).

Las afectaciones que provocan dependen del tipo y magnitud, y pueden incidir tanto a nivel de especies (individuos) como a nivel de ecosistemas y paisajes. Entre ellas están: 1) la alteración de comunidades ecológicas, 2) la depredación, 3) la competencia, 4) la transmisión de enfermedades y 5) la hibridación (cuadro 2; Álvarez-Romero *et al.* 2008).

Vertebrados exóticos

Se tiene el registro de 47 especies de vertebrados exóticos en el estado, de los cuales 22 son mamíferos (46.8%; cuadro 3), 17 peces (36.2%; cuadro 4), seis aves (12.8%; cuadro 5) y dos reptiles (4.3%; cuadro 6). Cabe mencionar que hasta el momento no se han reportado anfibios exóticos en la entidad (véase "Anfibios" en esta misma obra).

Ávila-Villegas, H. 2020. Vertebrados exóticos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 376-382.

Cuadro 1. Vías de introducción de las especies exóticas.

Tipo	Descripción
Transporte	Se refiere al movimiento de especies de un lugar a otro por actividades como el turismo, la milicia y la mensajería por paquetería; a través de barcos, aviones, trenes, automóviles, etcétera
Comercio	La compra y venta de organismos o sus productos: alimentos, mascotas, plantas para la agricultura, la jardinería o la investigación, sus medios de crecimiento (tierra), el acuarismo, la peletería, los ranchos cinegéticos, la pesca deportiva, los zoológicos, los criaderos e investigación, entre otras. Estas actividades también tienen el riesgo de introducir parásitos y enfermedades
Otras actividades humanas	La deforestación, la creación de carreteras, la minería, el cambio de uso del suelo, el control biológico (algunos agentes se vuelven invasores tras su introducción), la unión de cuerpos de agua previamente aislados, entre otras
Fenómenos naturales	Los eventos climáticos extremos, como huracanes o inundaciones, son capaces de trasladar organismos o propágulos (estructuras capaces de dar origen a un nuevo organismo) a través de grandes distancias

Fuente: CONABIO 2014.

Gran parte de los mamíferos exóticos reportados en el estado se encuentran en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), que son predios o instalaciones para el manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre promovidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por lo que se trata de especies en condiciones de semiconfinamiento que fueron introducidas con fines cinegéticos (cacería). Entre ellas están el órice cimitarra (*Oryx dammah*; figura 1), el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y el antílope sable (*Hippotragus niger*).

Otra parte de los mamíferos exóticos corresponde a especies que han estado históricamente asociadas a los seres humanos, tales como las vacas (*Bos taurus*), las cabras (*Capra hircus*), los caballos y burros (*Equus caballus* y *E. asinus*), así como perros, gatos y ratones domésticos (cuadro 1).

En lo que respecta a los peces exóticos, como las carpas (*Cyprinus carpio*), tilapias (*Oreochromis spp.*; figura 2) y lobinas (*Micropterus salmoides*), se trata de especies que han sido introducidas como parte de programas gubernamentales y proyectos comerciales para establecer pesquerías en diversas presas y lagos del estado (véase “Peces” en esta misma obra).

Algunas de las aves exóticas presentes en el estado, como las palomas (*Columba livia*) y el gorrión europeo (*Passer domesticus*), son especies de amplia distribución en México y el mundo, normalmente se encuentran en las áreas urbanas, mientras que otras especies, como el avestruz (*Struthio camelus*) y el pavo real (*Pavo cristatus*), son especies de granja introducidas con fines comerciales (Álvarez-Romero *et al.* 2008).

Dos especies de reptiles exóticos se han registrado hasta el momento en el estado: la serpiente ciega

Cuadro 2. Principales afectaciones provocadas por las especies exóticas invasoras.

Efecto	Descripción
Alteración de comunidades ecológicas	Modifican las redes tróficas (adición o eliminación de un eslabón, por ejemplo la llegada de un herbívoro o depredador) o transforman los regímenes de los disturbios naturales (al alterar la estructura de la vegetación)
Depredación	Se alimentan de las especies nativas, que en muchos casos no tienen mecanismos de defensa efectivos contra ellas. Esta es una de las principales causas de la desaparición de especies
Competencia	Explotan el mismo recurso (alimento, agua o espacio) que las especies nativas o interfieren en su uso, lo cual se traduce en la reducción, desplazamiento o desaparición de las últimas
Transmisión de enfermedades	Portan y transmiten enfermedades o patógenos que pueden generar mortandad masiva de las especies nativas, también cuando son reservorios de enfermedades ya existentes, magnificando su efecto
Hibridación	Se reproducen con especies nativas emparentadas y dan origen a individuos fértiles. Esto puede modificar el acervo genético de la población nativa, eliminar caracteres únicos e incluso llevar a su desaparición

Fuente: Álvarez-Romero *et al.* 2008.

Cuadro 3. Mamíferos exóticos.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Presencia	Efectos
Bovidae	<i>Ammotragus lervia</i>	Borrego audad	Norte de África	Ranchos cinegéticos	Alteración de comunidades ecológicas, competencia y transmisión de enfermedades Provocan indirectamente la desaparición de depredadores nativos, como pumas y coyotes, por cacería o envenenamiento. En grandes cantidades degradan cuerpos de agua y áreas riparias
	<i>Bos taurus</i>	Ganado bovino doméstico	Europa, sur de Asia y norte de África	Vida libre	
	<i>Capra hircus*</i>	Cabra doméstica	Asia Menor		
	<i>C. ibex</i>	Cabra íbex	Europa y Medio Oriente	Ranchos cinegéticos	
	<i>Hippotragus niger</i>	Antílope sable	Sur de África		
	<i>Oryx dammah</i>	Órice cimitarra	Norte de África		
	<i>O. gazella</i>	Órice del Cabo	Centro y sur de África	Vida libre	
	<i>Ovis aries</i>	Borrego doméstico	Asia oriental	Ranchos cinegéticos	
	<i>O. orientalis</i>	Borrego muflón	Asia oriental		
	<i>Taurotragus derbianus</i>	Gran Eland	Centro de África		
Canidae	<i>Canis familiaris</i>	Perro doméstico	Asia y Europa	Vida libre	Depredación, competencia e hibridación
Cervidae	<i>Cervus elaphus*</i>	Venado o ciervo rojo	Norte de Asia y Europa, Norteamérica	Ranchos cinegéticos	Alteración de comunidades ecológicas, competencia y transmisión de enfermedades. Provocan indirectamente la desaparición de depredadores nativos, como pumas y coyotes, por cacería o envenenamiento
	<i>C. nippon</i>	Sika, venado sika	Este de Asia		
	<i>Dama dama</i>	Gamo, venado dama	Europa y Asia Menor		
Equidae	<i>Equus asinus</i>	Burro, asno	Norte de África	Vida libre	Alteración de comunidades ecológicas, competencia y transmisión de enfermedades
	<i>E. caballus</i>	Caballo doméstico	Norte de Asia		
Felidae	<i>Felis catus*</i>	Gato doméstico	Europa, Asia y África	Vida libre	Depredación, competencia y transmisión de enfermedades
Muridae	<i>Mus musculus*</i>	Ratón casero	Europa y Asia	Vida libre	Depredación, competencia y transmisión de enfermedades
	<i>Rattus norvegicus</i>	Rata café, rata noruega	Norte de China		
	<i>R. rattus*</i>	Rata negra, rata casera	India		
Leporidae	<i>Oryctolagus cuniculus*</i>	Conejo doméstico	Sur de Francia, Península Ibérica y noroeste de África	Vida libre	Alteración de comunidades ecológicas y competencia
Suidae	<i>Sus scrofa*</i>	Cerdo doméstico, cerdo salvaje	Asia, Europa y parte de África	Vida libre	Alteración de comunidades ecológicas, depredación, competencia y transmisión de enfermedades

* Incluida entre las 100 especies exóticas más dañinas del mundo.

Fuente: Álvarez-Romero *et al.* 2008.

(*Ramphotyphlops braminus*), de amplia distribución a nivel mundial y que es transportada en la tierra de jardinería durante el comercio de plantas de ornato (GISD 2013a), y la tortuga de orejas rojas (*Trachemys*

scripta elegans), que recientemente fue observada en una presa, cerca de la capital del estado (véase “La tortuga de orejas rojas (*Trachemis scripta elegans*): reptil exótico en Malpaso” en esta misma obra).

Cuadro 4. Peces exóticos.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Presencia	Efectos
Centrarchidae	<i>Lepomis gulosus</i>	Mojarra golosa	Norteamérica	Vida libre	Competencia con peces nativos por alimento y espacio
	<i>L. macrochirus</i>	Mojarra oreja azul	Norteamérica		Competencia con peces nativos por alimento y espacio. Depredación de insectos y crustáceos
	<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina negra	Norteamérica		Depredación de especies pequeñas
Cichlidae	<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia azul	África y Eurasia	Vida libre	Es una especie muy agresiva. Competencia con peces nativos por alimento y espacio. Alteración de comunidades ecológicas
	<i>O. niloticus</i>	Tilapia del Nilo	África		Competencia con peces nativos por alimento y espacio. Alteración de comunidades ecológicas
Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	Carpa dorada	Asia	Vida libre	Alteración del hábitat por el crecimiento de las cianobacterias que viven en su intestino. Depredación de huevos, larvas y adultos de peces nativos
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	Europa y Asia		Alteración del hábitat por remoción del sedimento. Depredación de huevos de otros peces. Competencia con otros peces por alimento y espacio
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Carpa herbívora	Asia		Son peces herbívoros voraces. Producen alteración del hábitat por eliminación de las plantas acuáticas y remoción de sedimentos. Competencia con peces nativos por alimento
	<i>Notropis chihuahua</i>	Carpita chihuahuense	Norteamérica		Sin información disponible
	<i>Pimephales promelas</i>	Carpita cabezona	Norteamérica		Competencia con otras especies de peces. Provoca una enfermedad hemorrágica a otros peces por la transmisión de la bacteria <i>Yersinia ruckeri</i>
	<i>P. vigilax</i>	Carpita cabeza de toro	Norteamérica		Sin información disponible
Ictaluridae	<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre de canal	Norteamérica	Vida libre	Sin información disponible
Poeciliidae	<i>Heterandria bimaculata</i>	Guatopote manchado	Centroamérica	Vida libre	Sin información disponible
	<i>Poecilia butleri</i>	Topote del Pacífico	Centroamérica		Sin información disponible
	<i>P. reticulata</i>	Gupi	Sudamérica		Depredación de huevos de otras especies de peces. Es hospedero de tremátodos parásitos. Hibridación con otras especies
	<i>Peociliopsis gracilis</i>	Guatopote jarocho	Centroamérica		Sin información disponible
	<i>Gambusia affinis</i>	Guayacón mosquito	Norte y Centroamérica		Es una especie muy agresiva que ataca a otros peces, desfibrando sus aletas o hasta matarlos. Transmisión de helmintos parásitos. Alteración de comunidades ecológicas

Fuente: GISD 2014a-h, ISC 2014a, b, Pedraza-Marrón y Domínguez-Domínguez (véase "Peces" en esta misma obra).

Cuadro 5. Aves exóticas.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Presencia	Efectos
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	Europa, África, Medio Oriente, Asia, Australia	Vida libre	Depredación de artrópodos y pequeños vertebrados, competencia y transmisión de enfermedades como el botulismo
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	África, Medio Oriente, Asia y Europa	Vida libre	Competencia, transmisión de enfermedades como la psitacosis u ornitosis. Provoca afectaciones a los monumentos históricos
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión europeo, chilero	Europa, Medio Oriente, Asia	Vida libre	Competencia por sitios de anidación y alimento, y transmisión de enfermedades
Phasianidae	<i>Pavo cristatus</i>	Pavo real	India	Vida libre	Competencia, transmisión de enfermedades como la psitacosis u ornitosis
Struthionidae	<i>Struthio camelus</i>	Avestruz	África	Ranchos	Alteración de comunidades ecológicas, competencia y transmisión de enfermedades
Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i> ¹	Estornino pinto	Europa y Asia	Vida libre	Competencia por sitios de anidación y alimento, y transmisión de enfermedades

Fuente: Álvarez-Romero *et al.* 2008.

Cuadro 6. Reptiles exóticos.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Origen	Presencia	Efectos
Typhlopidae	<i>Ramphotyphlops braminus</i>	Serpiente ciega	África y Asia	Jardines de casas	Hasta el momento no se han registrado efectos adversos
Emydidae	<i>Trachemys scripta elegans</i> ¹	Tortuga de orejas rojas, tortuga japonesa	Costa este de Estados Unidos	Cuerpos de agua	La depredación, competencia, transmisión de enfermedades o parásitos provocan salmonelosis a las personas que las poseen en cautiverio

Fuente: Álvarez-Romero *et al.* 2008, GISD 2013b, Bañuelos-Alamillo y Osegueda (véase “La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*): reptil exótico en Malpaso” en esta misma obra).

Conclusiones y recomendaciones

Actualmente existen esfuerzos de cooperación internacional para la atención del problema de las especies exóticas invasoras, como el Programa mundial sobre especies invasoras (Global Invasive Species Programme), que busca informar, detener y prevenir su dispersión y sus efectos adversos, y por medio del cual se publicó una lista con las 100 especies exóticas más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004). En el país se cuenta con la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, cuyo propósito es contribuir a la conservación del capital natural mediante la prevención, el control y la erradicación de las especies invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010).

En Zacatecas, al igual que en los ámbitos nacional e internacional, el primer paso debe consistir en conocer la diversidad de especies exóticas que existen. En este sentido, en el presente capítulo se aporta el primer listado de especies exóticas para la entidad, el cual deberá ser complementado mediante trabajo de campo y la revisión de literatura especializada, con lo que se pueden reportar nuevos registros. Posteriormente se deberá implementar un programa de difusión para informar a la población sobre los efectos adversos provocados por estas especies con el propósito de prevenir o reducir su dispersión. Finalmente, deberán identificarse aquellas especies invasoras cuyas poblaciones requieran medidas de control o erradicación, a fin de evitar o reducir sus impactos.

¹ Incluida entre las 100 especies exóticas más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004).



Figura 1. El órice cimitarra (*Oryx dammah*) es una especie exótica introducida para la actividad cinegética. Foto: David Hewitt/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 2. Las tilapias (*Oreochromis* spp.) son peces exóticos introducidos con fines alimenticios y comerciales. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO.

Referencias

- Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita et al. 2008. *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. CONABIO/Instituto de Ecología-UNAM/SEMARNAT, México.
- Baena, M.L., G. Halffter, A. Lira-Noriega y J. Soberón. 2008. Extinción de especies. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México, pp. 263-282.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México. Prevención, control y erradicación*. CONABIO/CONANP/SEMARNAT, México.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2014. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. En: <<http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/especies.html>>, última consulta: 28 de mayo de 2014.
- isc. Invasive Species Compendium. 2014a. *Lepomis macrochirus*. En: <<http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=77082&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014b. *Pimephales promelas*. En: <<http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=69889&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- GISD. Global Invasive Species Database. 2013a. *Ramphotyphlops braminus*. En: <<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1789&fr=1&sts=sss&lang=EN>>, última consulta: 20 de junio de 2013.
- . 2013b. *Trachemys scripta elegans*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=71&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 20 de junio de 2013.
- . 2014a. *Micropterus salmoides*. En: <<http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&x=0&y=0&sn=Micropterus+salmoides&rn=&hci=-1&ei=-1&lang=EN>>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014b. *Oreochromis aureus*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=1323&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014c. *Oreochromis niloticus*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=1322&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014d. *Carassius auratus*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=368&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014e. *Cyprinus carpio*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=60&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014f. *Ctenopharyngodon idella*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=369&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014g. *Poecilia reticulata*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=683&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- . 2014h. *Gambusia affinis*. En: <http://www.issg.org/database/species/impact_info.asp?si=126&fr=1&sts=sss&lang=EN>, última consulta: 2 de enero de 2014.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. UICN/GEEI, Auckland.
- MA. Millenium Ecosystem Assessment. 2005. En: *Ecosystems and human well-being: synthesis*. J. Sarukhán y A. Whyte (eds.). Island Press, Washington, D.C.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. *Ley General de Vida Silvestre*. Publicada el 3 de julio de 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de enero de 2018.

La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*): reptil exótico en Malpaso

Jorge Alberto Bañuelos Alamillo • Carlos Alberto Ramón Osegueda Berrios

La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*) es una especie exótica invasora que se encuentra dentro de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004) y que afecta directa e indirectamente a los ecosistemas que coloniza: cambia la estructura trófica y actúa como competidora o depredadora de las especies nativas (Aguirre Muñoz *et al.* 2009). Su distribución natural abarca el centro-este de Estados Unidos, desde los grandes lagos hasta el río Bravo, y al sur hasta Tamaulipas y Nuevo León en México (Stebbins 2003, Lemos Espinal y Smith 2007).

Esta especie ha sido introducida en Europa, América del Norte, Asia y muchos otros países (UICN 2000) a través del mercado de mascotas; es la mascota más popular: entre 1989 y 1997 han sido exportados más de 52 millones de individuos

de los Estados Unidos a los mercados extranjeros (GISD 2012). En México ha sido favorecida como animal de compañía, lo que ha provocado su introducción a los ecosistemas naturales (CONABIO 2008). Esto se debe principalmente a que es un reptil que crece rápido y es difícil de mantener en cautiverio, por lo tanto los individuos son llevados por las personas a los cuerpos de agua naturales o artificiales (observación personal 2012).

En mayo de 2011, durante un estudio de biodiversidad en la localidad de Malpaso, en el municipio de Villanueva, se capturó un ejemplar macho de la tortuga de orejas rojas que se encontraba en vida libre, en la ribera del arroyo de Malpaso (22° 36' 59" N, 102° 45' 57" O; 2 124 msnm) alrededor de las 12 pm. El ejemplar capturado (figura 1) se confinó a una colección particular.



Figura 1. Tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*) observada en Malpaso. Foto: Jorge Alberto Bañuelos Alamillo.

Bañuelos-Alamillo, J.A. y C.A.R. Osegueda Berrios. 2020. La tortuga de orejas rojas (*Trachemys scripta elegans*): reptil exótico en Malpaso. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 383-384.

Cabe destacar que la vegetación predominante en el sitio es matorral crasicaule (nopaleras) y tiene un clima semiseco (INEGI 2013). Aunque se desconoce cuánto tiempo llevaba este ejemplar en vida libre, estas condiciones medioambientales no corresponden a las presentes en el área de distribución natural de la especie (Stebbins 2003), lo cual confirma su gran adaptabilidad a diferentes ecosistemas.

El presente reporte constituye el hallazgo de un ejemplar en una localidad en particular, no obstante, la liberación y expansión de *T. scripta elegans* en el territorio zacatecano puede ser un fenómeno que puede adquirir mayores dimensiones, con consecuencias adversas para la biota nativa.

Referencias

- Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro, H. Arredondo Ponce *et al.* 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: *Capital Natural de México, vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, pp. 277-318.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/invasoras>>, última consulta: febrero 2013.
- GISD. Global Invasive Species Database. 2012. *Trachemys scripta elegans*. En: <<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=71&fr=1&sts=sss&lang=EN>>, última consulta: 19 de julio de 2012.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. *México en cifras*. En: <[mas/mexicocifras/default.aspx?e=32](http://www3.inegi.org.mx/siste-)>, última consulta: 15 de febrero de 2013.
- Lemos Espinal, J.A. y H.M. Smith. 2007. *Anfibios y reptiles del estado de Coahuila, México*. UNAM/CONABIO, México.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. UICN/GEEI, Auckland.
- Stebbins, R.C. 2003. *Western reptiles and amphibians*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2000. *Guías de la IUCN para la disposición de animales confiscados*. En: <<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2002-004-Es.pdf>>, última consulta: 19 de julio de 2012.

El perico argentino (*Myiopsitta monachus*), una especie exótica en la ciudad de Zacatecas

Amanda Márquez Hernández • José Javier Romo Camacho
Carlos Alberto Ramón Osegueda Berrios

El perico argentino (*Myiopsitta monachus*) es originario de Sudamérica. Su distribución incluye Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, donde habita en bosques, matorrales, sabanas y zonas rurales (Gómez de Silva *et al.* 2005, Pablo López 2009). Sin embargo, como resultado del comercio internacional y del escape de individuos en cautiverio, esta especie ha incrementado su distribución hasta países como Estados Unidos, Canadá, Puerto Rico, Kenia, Japón, España, Inglaterra, Italia, Francia, Bélgica, Alemania, Austria, Holanda y la República Checa (Román-Muñoz y Real 2006, issg 2012), donde es considerada como exótica.

En México, el perico argentino fue registrado por primera vez en 2005 en el Parque Ecológico de Xochimilco, Ciudad de México (Gómez de Silva *et al.* 2005), y posteriormente en el estado de Oaxaca (Pablo López 2009).

Es un ave de tamaño mediano (28-30 cm), que se caracteriza por la coloración gris pálida en su pecho y frente con el resto de la cabeza verde y la región ventral amarillenta; al vuelo exhibe las plumas primarias azules y la cola larga verde en forma de rombo alargado. Su dieta consta de frutas, semillas, insectos, brotes de hojas y flores (Harrison y Greensmith 2000).

Como especie nativa, el perico argentino provoca afectaciones a los cultivos y sus nidos perjudican las instalaciones de conducción eléctrica. Como especie introducida se sabe que genera pérdidas en las instalaciones eléctricas, debido a que sus nidos provocan cortes eléctricos y se cree que también

puede transmitir padecimientos, como la enfermedad de Newcastle y la psitacosis (issg 2012).

El 29 de septiembre del 2011 se observaron dos individuos de esta especie en la parte alta de una palmera (*Phoenix sp.*), aproximadamente de 15 m de altura, ubicada dentro del parque y zoológico La Encantada (22° 45' N y 102° 34' O; 2 383 msnm) en la ciudad de Zacatecas (figura 1).



Figura 1. Perico argentino (*Myiopsitta monachus*) en vida libre en el estado. Foto: Carlos Alberto Ramón Osegueda Berrios.

Márquez Hernández, A., J.J. Romo Camacho y C.A.R. Osegueda Berrios. 2020. El perico argentino (*Myiopsitta monachus*), una especie exótica en la ciudad de Zacatecas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 385-386.

Posiblemente su presencia en vida libre en el estado sea el resultado del escape de ejemplares en cautiverio, pues se ha observado la venta de individuos de esta especie en diversas partes de la ciudad capital (figura 2).

Si bien se observó a *M. monachus* en el parque La Encantada, hasta el momento no se puede confirmar que esta especie esté establecida en vida libre o que tenga impactos negativos al ambiente o en otras especies. No obstante, este registro da cuenta de la necesidad de que las autoridades competentes implementen medidas más estrictas de inspección y vigilancia a fin de evitar el comercio de esta y otras especies exóticas en la entidad. Para ello, es también muy importante que la sociedad denuncie el comercio ilícito para desincentivar la compra de ejemplares en la calle.

Referencias

- Gómez de Silva, H., A. Oliveras de Ita y R.A. Medellín. 2005. *Myiopsitta monachus*. En: *Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Base de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020*. Instituto de Ecología-UNAM, México.
- Harrison, C. y A. Greensmith. 2000. *Birds of the world*. Dorling Kindersley, Singapur.
- issg. Invasive Species Specialist Group. 2012. *Myiopsitta monachus*. En: <<http://www.issg.org/database/species/>



Figura 2. Un perico argentino a la venta en la vía pública. Foto: Carlos Alberto Ramón Osegueda Berrios.

management_info.asp?si=1021&fr=1&sts=&lang=EN&ver=print&prtflag=false>, última consulta: 05 de octubre de 2013.

- Pablo López, R.E. 2009. Primer registro del perico argentino (*Myiopsitta monachus*) en Oaxaca, México. *Huitzil, Revista de Ornitología Mexicana* 10(2):48-51.
- Román-Muñoz, A. y R. Real. 2006. Assessing the potential range expansion of the exotic monk parakeet in Spain. *Diversity and Distributions* 12:656-665.

Contaminación por residuos sólidos

Dante Noé Ortíz García

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR; Congreso de la Unión 2003) define el término residuo de la siguiente manera:

“Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.”

El tema de la atención de los residuos en México se ha vuelto prioritario para el gobierno en sus diferentes niveles, prueba de esto es la próxima publicación del Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2008) está impulsando, y de esta manera ayudar a promover que todas las entidades federativas y municipios desarrollen el propio. Este interés es resultado de la masiva acumulación de residuos (basura) en los centros de población, que a través de los años ha afectado de manera significativa el entorno, con efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente, y ha obligado a desarrollar mecanismos de control para los distintos tipos de residuos.

En México, el crecimiento acelerado de la población, así como la falta de recursos económicos y la falta de una cultura ambiental, han provocado que los sitios tradicionales para la disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) no sean ambientalmente los más adecuados. La cantidad de RSU que se genera es mayor a la que el medio ambiente puede descomponer y asimilar, aunada a

la tendencia cada vez más generalizada de utilizar materiales sintéticos que son difíciles de degradar de manera natural.

En materia local, durante los últimos años en el estado se han desarrollado algunos proyectos enfocados en mejorar la problemática que los residuos representan en los diferentes municipios del territorio, sobre todo en lo que se refiere a su recolección y disposición final. Sin embargo, estos esfuerzos no han sido suficientes y no se han logrado establecer los mecanismos correctos para atender esta necesidad. En cuanto a normatividad, desde el 2010 está vigente la Ley de Residuos Sólidos para el estado de Zacatecas, en la que se establece la regulación, generación, aprovechamiento y gestión integral de los RSU y residuos de manejo especial (RME; Congreso del Estado 2010). Esta ley se elaboró para establecer un ordenamiento en materia de RSU y RME y, en concordancia con la LGPGIR, constituir mecanismos de colaboración, normas de gestión y acciones de prevención y sanción.

Situación de los residuos en el estado

En 2015 se publicó el Programa estatal para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de Zacatecas (PROGREZA), el cual consiste en el desarrollo de un diagnóstico básico de la situación en la que se encuentran los residuos en la entidad y una serie de estrategias para atender la cuestión (cuadro 1; Gobierno del Estado 2015). Este programa ayudará a comprender la importancia del manejo correcto de los residuos y sus repercusiones reales que ya se están manifestando en todos los municipios de Zacatecas.

El diagnóstico tiene como objetivo la identificación de los RSU y RME por regiones, así como

Ortíz García, D.N. 2020. Contaminación por residuos sólidos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 387-389.

Cuadro 1. Estrategias integradas en el PROGREZA.

Estrategias
Fortalecimiento del marco jurídico estatal y municipal, incluyendo la creación de instrumentos normativos y reglamentos
Impulso de programas para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos a nivel municipal y regional
Desarrollo de planes de manejo
Fortalecimiento institucional del área encargada de la gestión de los residuos en el estado
Desarrollo de capacidades locales en materia de gestión integral de residuos sólidos en diferentes sectores de la población
Prevención y reducción de la generación de residuos sólidos
Acceso a la información
Participación social
Disposición final de los residuos sólidos en cumplimiento con la normatividad ambiental
La regionalización como estrategia para transitar hacia la gestión integral de residuos en el corto, mediano y largo plazo, congruente con el instrumento de gestión del desarrollo urbano del estado
Aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos
Estrategias de participación de desarrollo social

Fuente: Gobierno del Estado 2015.

establecer la política local en la materia y promover la minimización en la generación y el impacto en la disposición final. El PROGREZA muestra desde la información per cápita de cada municipio, hasta la generación total por tipo de residuo. Se puede tener acceso a la información completa mediante la compra de un ejemplar en el Periódico Oficial de Gobierno del Estado. El análisis de la generación y composición de RSU y RME en el estado, así como del sistema de manejo de los mismos, incluido en dicho diagnóstico, arrojó los siguientes datos:

- Generación total de RSU: 668.67 t/día.
- Generación total de RME: 518.91 t/día.
- Generación total de residuos sólidos (RS): 1 187.6 t/día.
- Generación per cápita de RSU: 0.448 kg/hab/día.
- Generación per cápita total: 0.796 kg/hab/día.
- Emisión de gases de efecto invernadero (GEI): 151 790 t CO₂-eq/año.
- 48 tiraderos a cielo abierto en operación y siete sitios con infraestructura de rellenos sanitarios.

Conclusiones y recomendaciones

El problema de residuos en Zacatecas ha tomado “auge”, ya que los municipios han tenido dificultades debido al manejo inadecuado de la basura y al poco interés de años anteriores. La elaboración del

PROGREZA es un primer paso para sentar las bases de una gestión integral de residuos y establecer un plan a largo plazo que vaya más allá de administraciones municipales y estatales.

El PROGREZA ayuda a visualizar el panorama de la situación actual y da a conocer la política estatal en materia de residuos, además establece alternativas claras y específicas para su manejo adecuado.

Si bien el programa proporciona herramientas para atender puntos importantes y avanzar de manera significativa en el tema, es necesario que cada municipio observe y analice sus necesidades; por ejemplo: de nada sirve equipar a un municipio de pocos habitantes con una barredora de última tecnología, si no se cuenta con presupuesto para el funcionamiento y mantenimiento, ni con el personal capacitado para operarla.

En el PROGREZA se presentan estrategias a seguir en el corto, mediano y largo plazos (cuadro 1); sin embargo, hay que seguir de cerca la implementación (o no) de estas estrategias y actualizar la información al menos cada dos años para revisar los avances logrados. Aquí es importante la participación y el interés de los ayuntamientos, así como de las asociaciones que promueven el cuidado de la ecología y mejora del medio ambiente.

Finalmente, el éxito de cualquier programa está supeditado a que los ciudadanos se involucren e interactúen con su entorno, pues de eso depende el

futuro del lugar en el que habitan y las condiciones que hereden a las próximas generaciones se definirán por las decisiones que tomen en el presente.

Referencias

Congreso del Estado. 2010. *Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Zacatecas*. Publicada el 16 de octubre de 2010 en el Periódico Oficial del Estado. Última reforma publicada el 31 de diciembre de 2014.

Congreso de la Unión. 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.

Gobierno del Estado. 2015. *Programa estatal para la gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de Zacatecas (PROGREZA)*. Publicado el 11 de julio de 2015 en el Periódico Oficial del Estado.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. *Programa nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009-2012*. Subsecretaría de Normatividad, Fomento Ambiental, Urbano y Turístico/ SEMARNAT, México.

La situación de los recursos hídricos

Pedro Alvarado Medellín • Ruperto Ortiz Gómez • Francisco Aguilar Ortega

La distribución de los recursos hídricos en México desempeña un papel muy importante en el desarrollo social y económico de las poblaciones. Desafortunadamente, existe un desequilibrio entre la oferta y la demanda, a tal grado que en las zonas de abundancia de agua hay menos población y las actividades económicas son limitadas; por el contrario, en las zonas de menor disponibilidad del recurso es donde se han establecido los principales centros de actividad social y económica, lo que propicia una importante presión por la demanda de agua para los diferentes sectores.

Por su ubicación geográfica, México cuenta con una gran variedad de climas, la parte sur del país se encuentra en la zona intertropical del planeta, el sureste húmedo tiene precipitaciones superiores a los 2 000 mm anuales, mientras que la porción norte del territorio se localiza en la zona templada. En el país existen grandes zonas desérticas, dos terceras partes del territorio nacional se consideran áridas o semiáridas con precipitaciones medias anuales inferiores a los 500 mm (CONAGUA 2011b).

En la actualidad, la disponibilidad de agua en México es de 4 263 m³/habitante/año, lo que sitúa al país en la categoría de baja presión; sin embargo, este indicador ha ido disminuyendo con el crecimiento de la población, ya que, por ejemplo, en 1950 la disponibilidad del agua a nivel nacional era aproximadamente cuatro veces mayor (CONAGUA 2011b).

Zacatecas se localiza en la parte central del país, en la región de la Mesa del Centro, que se caracteriza por tener poca precipitación. El clima del estado es preponderantemente seco y semise-co, con una temperatura media anual de 18°C y

precipitación media anual de aproximadamente 750 mm en la parte sur, 450 mm en el centro y apenas de unos 300 mm en el norte de la entidad (Medina y Ruiz 2004). Históricamente, la mayor cantidad de precipitación se presenta entre los meses de junio a septiembre (véase “Contexto físico” en esta misma obra).

Debido a la escasa precipitación en el estado, las opciones para satisfacer las necesidades hídricas son pocas, lo que propicia que el agua subterránea sea la principal fuente de abastecimiento para la agricultura, el uso industrial y el consumo humano. Sin embargo, la exagerada perforación de pozos ocurrida en las últimas décadas, conjugada con los patrones de cambio de uso del suelo y deforestación, han causado un claro impacto en estas reservas estratégicas, que pierden volumen constantemente y con ello afectan el potencial de desarrollo socioeconómico y ambiental de la entidad.

Disponibilidad de agua

El término “disponibilidad” se refiere a la cantidad de agua que se puede utilizar anualmente en una región o cuenca y que es renovada por la lluvia. Si se divide por el número de habitantes, entonces es “disponibilidad per cápita” y sus unidades de medida son metros cúbicos por habitante por año (m³/habitante/año; CONAGUA 2011b).

Una forma de evaluar la disponibilidad de agua es mediante la determinación del “grado de presión del recurso” (GPR), que representa la proporción del agua disponible que se extrae en una región, ya sea para fines agrícolas, públicos, industriales u otros. La Organización de las Naciones Unidas define cuatro categorías que incluyen

Alvarado Medellín, P., R. Ortiz-Gómez y F. Aguilar-Ortega. 2020. La situación de los recursos hídricos. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 390-396.

desde fuerte presión (cuando la utilización del agua supera 40% de la disponibilidad natural), hasta presión escasa (el agua que se extrae no rebasa 10% de la disponibilidad natural; UNEP 2008).

Zacatecas tiene una disponibilidad per cápita promedio de 1 760 m³/habitante/año, que corresponde a un grado de presión cercano a 46%, lo que significa que se utiliza mayor cantidad de agua de la que está disponible, por lo que es urgente que su uso se regule y se reglamente (figura 1; CONAGUA 2011b).

Existen dos factores o contextos que inciden directamente en la disponibilidad de agua y que resulta necesario considerar para determinar la cantidad de este recurso que puede usarse para fines de explotación en una cuenca: los geográficos y los demográficos. El contexto geográfico está determinado por las características físicas del territorio, el cual abarca cuatro de las 37 regiones hidrológicas del país (véase "Hidrología" en esta misma obra).

Contexto demográfico

Otro de los factores que determinan la disponibilidad de agua es la población, pues de su distribución espacial y su crecimiento depende la demanda de agua para los diferentes usos. El proceso de concentración de la población en las localidades urbanas ha dado como resultado su acelerado crecimiento, lo que implica fuertes presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales derivadas de la creciente demanda de servicios y la producción de alimentos. A partir de la segunda mitad del siglo xx, la población del país ha mostrado una marcada tendencia a abandonar las pequeñas localidades rurales y concentrarse en las zonas urbanas. En el periodo de 1950 a 2005, la población del país se cuadruplicó y pasó de ser mayoritariamente rural (57.3% rural) a predominantemente urbana (76.5% urbana; INEGI 2010).

El estado no escapa a esta problemática, pues el acelerado crecimiento de sus zonas urbanas ha traído como consecuencia la disminución en la disponibilidad de agua. En la actualidad existen

1.49 millones de habitantes en el estado y se estima que aproximadamente 50% de ellos habita sobre la superficie de tres acuíferos: Calera, Chupaderos y Aguanaval, localizados en las RH-37 y RH-36. Debido a las condiciones de baja precipitación de la zona, estos cuerpos de agua subterránea son la principal fuente de abastecimiento para la irrigación y la industria, y son, además, la única fuente de abastecimiento de agua para las poblaciones.

Balance de agua

Del volumen total de agua que se obtiene debido a la precipitación, se estima que la mayor parte regresa a la atmósfera en forma de vapor, mientras que el resto escurre por las cuencas formando ríos y arroyos, o bien se infiltra hacia los acuíferos (CONAGUA 2011b).

Agua superficial

Como resultado de la precipitación, en Zacatecas se produce un escurrimiento medio anual estimado de 2 300 millones de metros cúbicos (Mm³; Herrera 2011). Con la infraestructura de presas construida es posible almacenar 761 Mm³, de los cuales 404 Mm³ se acumulan en las presas El Chique, Ing. Julián Adame Alatorre, Miguel Alemán, Leobardo Reynoso, Santa Rosa y El Cazadero para conformar el distrito de riego (DR) 034 Zacatecas, mientras que el resto del agua se almacena en pequeñas presas distribuidas en la entidad. La capacidad de irrigación del DR 034 es de aproximadamente 19 mil hectáreas. En total se tiene una capacidad instalada para irrigar alrededor de 30 mil hectáreas con agua superficial (Herrera 2011).

Agua subterránea

Debido a las condiciones de clima seco y semiseco predominantes en el estado, los recursos de agua subterránea desempeñan un papel preponderante en el desarrollo socioeconómico, pues son la reserva de agua dulce más importante en la entidad. Sin embargo, la pérdida de cobertura vegetal de los suelos, así como la apertura de nuevas áreas para

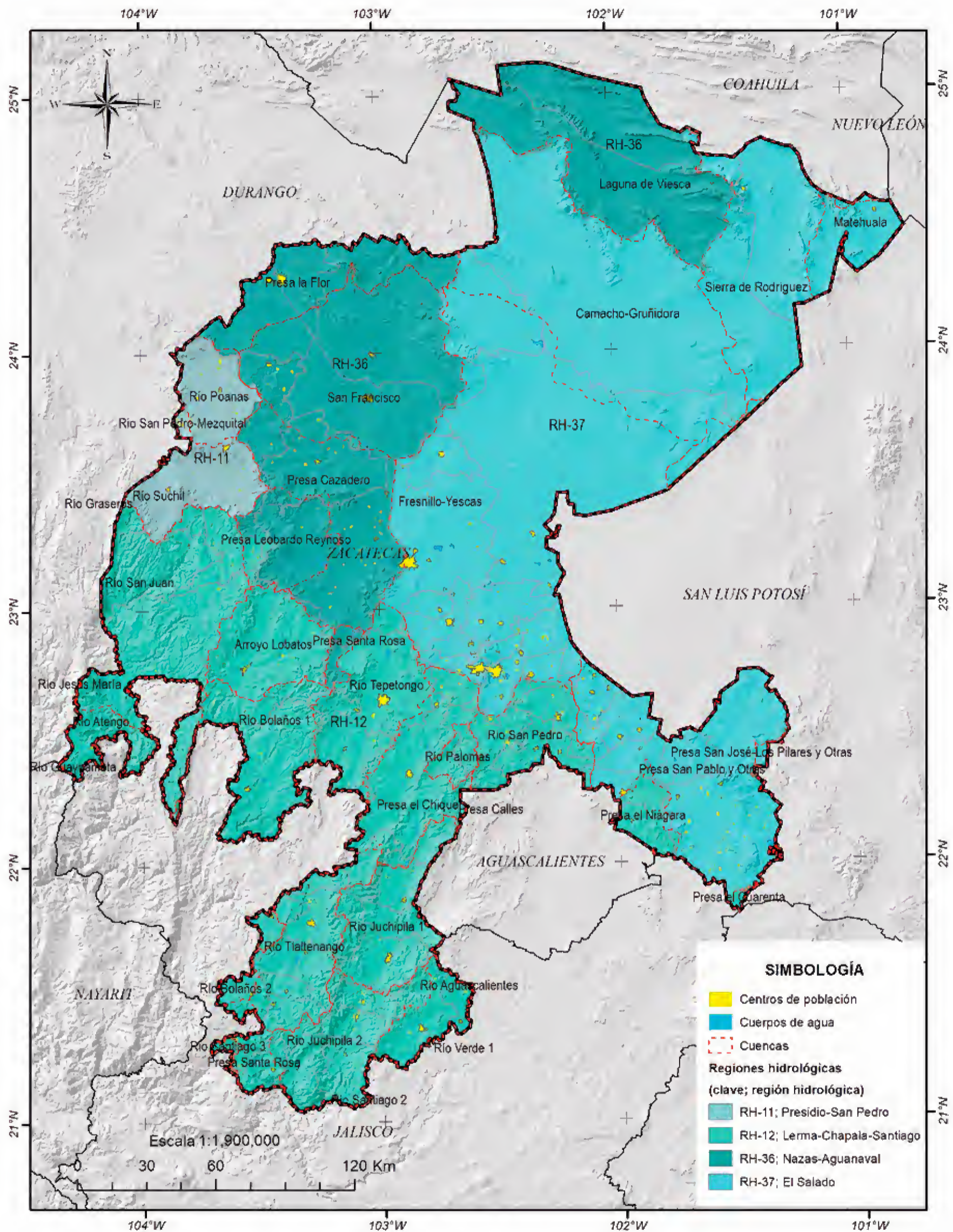


Figura 1. Recursos hídricos. Fuente: elaboración con base en SEMARNAT 2009.

la agricultura, han tenido efectos negativos en la captación de agua para que se infiltre hacia los acuíferos. Lo anterior, aunado a la proliferación de pozos profundos ocurrida en las últimas décadas, ha ocasionado que las reservas de agua subterránea se estén agotando paulatinamente.

La falta de infraestructura para el almacenamiento de agua superficial ha originado la necesidad de utilizar el agua de origen subterráneo. En la entidad existen 34 acuíferos que tienen una recarga anual estimada de 1 012 Mm³ (SEMARNAT 2009), mientras que las extracciones se encuentran en el orden de los 1 435 Mm³ anuales, por lo que existe un déficit cercano a los 420 Mm³. Esta situación ha causado que la dependencia federal considere que 14 acuíferos del estado se encuentren en la categoría de sobreexplotados (CONAGUA 2009, 2011a), lo que significa que de ellos se extrae más agua de la que ingresa por efectos de recarga. Los tres acuíferos con mayor sobreexplotación son: Chupaderos, Aguanaval y Calera, con un déficit de 112.03, 98.46 y 67.75 Mm³, respectivamente (CONAGUA 2012). Estas condiciones de sobreexplotación han propiciado que se establezcan zonas de veda con diferentes grados de restricción.

Uso y manejo del agua

El agua se utiliza prácticamente en todas las actividades humanas, en la producción de alimentos, en los procesos industriales y en la generación de bienes y servicios. Hasta 76.94% (1 100 Mm³) del agua que se utiliza en Zacatecas proviene de fuentes subterráneas, mientras que 23.06% (330 Mm³) proviene de aguas superficiales almacenadas en presas y bordos. El mayor consumidor de agua en el estado es el sector agrícola, que también incluye al pecuario y la acuicultura, entre otros, con 90.5%, un promedio superior a la media nacional, que es de 76.68%, seguido de los sectores público-urbano e industrial, con 7.76 y 1.78%, respectivamente (figura 2, cuadro 1).

En el estado existe infraestructura para irrigar unas 180 000 ha con agua subterránea (CONAGUA

2008, 2010, 2011b). Es importante resaltar que la infraestructura de riego con agua que proviene del subsuelo tiene alrededor de 30 años, lo que significa que la sobreexplotación de los acuíferos se ha realizado en apenas unas décadas. Las principales zonas agrícolas del estado se encuentran en los valles de Calera, Jerez, Chupaderos, Loreto, Villa de Cos y en la cuenca media del río Aguanaval, que en su mayoría son pozos profundos.

Con respecto al abastecimiento de agua a las poblaciones, que incluye los sectores público, doméstico y comercial, se utilizan anualmente 113 Mm³ para 1.49 millones de habitantes en el estado (CONAGUA 2011b). En el año 1990 la cobertura de agua potable y alcantarillado en la entidad era de 74.8 y 45.0%, respectivamente, y para 2005 estos valores aumentaron considerablemente a 92.8 y 84.2%, respectivamente, superando la media nacional (CONAGUA 2010, 2011b), por lo que se puede señalar que se ha tenido un avance importante en el desarrollo de la infraestructura hidráulica urbana.

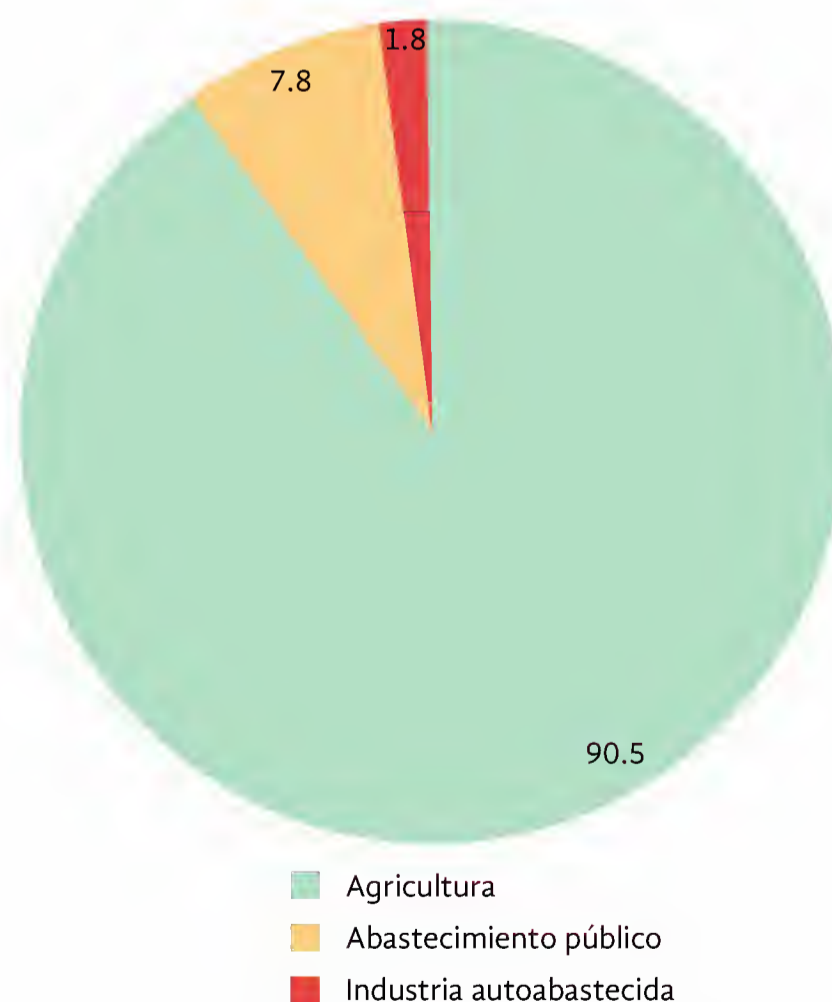


Figura 2. Porcentaje de uso del agua en 2009. Fuente: elaboración con base en CONAGUA 2011b.

Cuadro 1. Usos del agua por tipo de usuario y por fuente.

Uso	Superficial	Subterránea	Total
Agricultura	329	989	1 319
Abastecimiento público	6	107	113
Industria autoabastecida	1	25	26
Termoeléctricas	0	0	0
Total	336	1 121	1 457

Fuente: elaboración con base en CONAGUA 2011b.

Finalmente, el uso industrial, que agrupa a los usuarios de la minería, construcción y la industria manufacturera, utiliza anualmente apenas 25.6 Mm³; estas industrias se autoabastecen, es decir, toman el agua directamente de las fuentes y, al no ser Zacatecas un estado con un desarrollo industrial importante, el consumo de este sector es reducido (figura 2, cuadro 1).

Retos para un uso sustentable del agua

En la entidad, el principal usuario del agua es por mucho la agricultura y la principal fuente de abastecimiento es el agua que proviene del suelo. Si bien se han adoptado programas de tecnificación para la aplicación del agua en los cultivos a fin de eficientar su uso y casi la mitad de la superficie total de riego cuenta con algún grado de tecnificación, aún prevalece el uso irracional del agua con importantes deficiencias en la aplicación del agua a nivel parcelario (Bravo *et al.* 2006). La principal causa de esto es la falta de capacitación y concientización de los usuarios y la falta de supervisión por parte de los organismos responsables de la administración de los recursos hídricos, pues a pesar de las millonarias inversiones que se hacen en los programas de uso eficiente del agua en el sector agrícola, no se ha podido detener el agotamiento de los acuíferos y sus niveles continúan disminuyendo. De seguir con esta tendencia de sobreexplotación, los acuíferos de la entidad se abatirán hasta un nivel tal que ya no será económico bombear el agua, y por lo tanto dejarán de ser un recurso útil, porque no se

recargarán en el corto y mediano plazos, dejando la región sin la capacidad productiva que actualmente tiene.

En el sector público-urbano se ha hecho un gran esfuerzo en construir infraestructura para el abastecimiento de agua a las poblaciones; sin embargo, el servicio en la mayoría de los sistemas es deficiente y no cumple con las normas establecidas de funcionamiento, como cantidad, servicio constante y una presión adecuada. Las redes de distribución de agua potable presentan niveles inadmisibles de fugas originadas principalmente por antigüedad y el inadecuado proceso de planeación-operación. Otro agravante es la falta de tecnología en el sector y la incapacidad de los organismos operadores para hacer un uso, manejo y administración racional del agua, por lo que, para cubrir las deficiencias en el suministro, optan por buscar nuevas fuentes de abastecimiento en lugar de introducir prácticas de uso eficiente en los sistemas.

Aunado a lo anterior, el crecimiento de la población plantea un reto importante, pues Zacatecas se está convirtiendo en una entidad eminentemente urbana, lo que implica que aún más personas tendrán la necesidad de servicios básicos incluyendo agua, y que aumentará la necesidad de alimentos; por tanto se generará una fuerte competencia por las fuentes de suministro de agua ya de por sí escasas.

Impacto del cambio climático en los recursos hídricos del estado

Un fenómeno que complica la difícil situación del manejo del recurso hídrico, tanto en el nivel global como local, es el cambio climático, ya que el clima y el ciclo hidrológico están estrechamente relacionados y se espera que las alteraciones en el clima se traduzcan en un aumento o disminución de la precipitación.

En las latitudes en las que se ubica el estado se prevén disminuciones en la precipitación y, por consiguiente, en el escurrimiento y la recarga de acuíferos, lo que ocasionará escasez y mayor

Cuadro 2. Proyecciones de precipitación y temperatura media anual para el estado.

Escenario (año)	Precipitación (disminución en el total anual, en %)	Temperatura (aumento en el promedio anual, en °C)
2020	0-5	1.0-1.4
2050	5-10	1.0-2.0
2080	5-15	2.0-4.0

Fuente: INE 2012.

presión sobre los recursos hídricos (Martínez y Patiño 2012). Asimismo, el Instituto Nacional de Ecología (INE 2012) realizó una serie de proyecciones a diferentes horizontes de tiempo, en las que se pronostican aumentos en la temperatura y disminuciones en la precipitación para Zacatecas (cuadro 2).

El aumento en la temperatura y la disminución de la precipitación traerán como consecuencia el incremento de desastres meteorológicos, principalmente sequías, que afectarán no solo a las personas, sino también a las especies que integran los ecosistemas del estado, con los problemas ambientales, sociales y económicos que esto provoca (SEMARNAT 2012).

Conclusiones

La problemática de escasez de agua en el estado hace necesario contar con una visión y propuestas encaminadas al uso sustentable del recurso, entre

Referencias

- Bravo, A.G., H. Salinas y A. Rumayor. 2006. *Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte-Centro de México*. INIFAP-SAGARPA, México.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2008. *Programa nacional hídrico 2007-2012*. CONAGUA, México.
- . 2009. *Atlas del agua en México 2009*. CONAGUA, México.
- . 2010. *Estadísticas del agua en México*. CONAGUA, México.
- . 2011a. *Atlas del agua en México 2011*. CONAGUA, México.
- . 2011b. *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. CONAGUA, México.

las que se deben incluir: 1) realizar mejoras en el uso del agua desde el punto de vista técnico, administrativo, financiero y legal sin perder de vista las características del clima local y 2) desarrollar una estrategia de planeación regional y políticas públicas en función de la disponibilidad del recurso. La tendencia de uso irracional del agua advierte que si no se toman medidas de reglamentación y uso eficiente se elevará el grado de presión sobre el recurso, por lo que para cubrir las necesidades se tendrán que buscar nuevas fuentes de abastecimiento, seguramente más lejanas y a un costo de producción y tratamiento muy elevados.

La principal fuente de abastecimiento del estado es sin duda el agua subterránea, por lo que los esfuerzos dirigidos a la conservación y el uso eficiente del agua que proviene de estas fuentes deberá ser una tarea fundamental de los usuarios y las dependencias encargadas de administrar estos recursos.

Finalmente, el mayor reto para lograr la sustentabilidad en el uso del agua se centra en la capacidad de los gobiernos para generar las políticas públicas y programas encauzados al abastecimiento del agua; sin embargo, la responsabilidad deberá ser compartida entre usuarios, sociedad, instituciones de educación e investigación, entre otros, de manera que el acceso al agua sea equitativo y no sea una limitante para el desarrollo social y económico del estado.

- . 2012. *Disponibilidad de agua subterránea*. En: <<http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=94>>, última consulta: 2 de julio de 2012.
- Herrera, C.T. 2011. *Análisis del uso y manejo de los recursos hídricos en el Estado de Zacatecas*. (inédito).
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2012. *Proyecciones de precipitación y temperatura media anual para Zacatecas* En: <http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_zacatecas.html>, última consulta: 2 de julio de 2012.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. INEGI, México.
- Martínez, P.F. y C. Patiño. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 3(1):5-20.
- Medina, G. y J.A. Ruiz. 2004. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (periodo 1961-2003)*. INIFAP-SAGARPA, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. *Acuerdo por el que se 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*. Publicada el 20 de abril de 2015 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- . 2012. *Informe de la situación del medio ambiente en México 2012*. En: <http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/index_agua.html>, última consulta: 21 de septiembre de 2012.
- UNEP. United Nations Environment Programme. 2008. *Vital Water Graphics*. En: <<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/index.html>>, última consulta: 21 noviembre de 2012.

La agricultura y el deterioro ambiental

Maximino Luna Flores • José de Jesús Avelar Mejía • Alfredo Lara Herrera • Jesús Llamas Llamas

La agricultura se inició hace unos 10 mil años (Reyes 1991) al dar a la tierra y a las plantas las labores necesarias para que fructificaran con el fin de satisfacer algunas necesidades del ser humano, como alimento y, más tarde, materias primas para la industria (INCA Rural 1982). Las plantas requieren oxígeno para vivir, bióxido de carbono, agua, luz solar, calor y nutrientes que normalmente obtienen del suelo; cuando alguno de esos elementos es escaso o está en exceso, la explotación agrícola puede no ser rentable y también afectar el medio ambiente. Sin embargo, la agricultura puede satisfacer necesidades humanas (WCED 1987, SEMARNAP 2000) con sustentabilidad y rentabilidad si se desarrolla en áreas adecuadas, bajo la tecnología de producción recomendada técnicamente y haciendo un uso racional del suelo, del agua, de la maquinaria y de los agroquímicos (Turrent y Cortés 2005).

A pesar de que existen diferentes tipos de agricultura en México, aquí solo se hace la revisión de los que se llevan a cabo “a campo abierto”, ya que la agricultura protegida (invernaderos, malla-

sombra, túneles) representa menos de 0.01% del total en México y 0.005% en el mundo. La de campo abierto es la que se desarrolla sin protección del cultivo y se puede subdividir en: 1) agricultura intensiva, industrial o moderna, 2) agricultura extensiva, 3) agricultura de subsistencia o tradicional, 4) agricultura de transición y 5) agricultura ecológica u orgánica (cuadro 1; INCA Rural 1982, Zesati del V. 2009).

Cualquier tipo de agricultura puede afectar al medio ambiente, ya sea por el uso inadecuado del suelo o del agua, por la aplicación de agroquímicos o por el desarrollo de esta actividad en áreas no aptas para ello, entre otras causas. El objetivo de este capítulo es hacer una breve narración y discusión del panorama agrícola nacional y estatal, así como analizar el efecto de esta actividad sobre los ecosistemas de Zacatecas.

La agricultura nacional

En México, de 1980 a 1994, se cultivaron entre 19 y 20 millones de hectáreas a campo abierto y, a partir de 1995, se han cultivado casi 22 millones

Cuadro 1. Tipos de agricultura a campo abierto.

Tipo	Descripción
Intensiva, industrial o moderna	Puede abarcar grandes o pequeñas superficies, utiliza bastante mano de obra asalariada e inversión de capital por unidad de superficie; normalmente se obtienen altos rendimientos; casi toda la producción se destina al mercado y se busca ganancia económica
Extensiva	Abarca grandes superficies, puede o no ser parecida a la anterior, pero también puede no usar mucha inversión de capital y obtener menor productividad que la intensiva
De subsistencia o tradicional	Normalmente se cultivan superficies pequeñas. Se usa mano de obra familiar; la tecnología de producción se basa en la que usaron los padres y abuelos; no se invierte mucho capital ni se obtienen altos rendimientos y el objetivo principal es el autoconsumo
De transición	Es intermedia entre la intensiva y la de subsistencia
Ecológica u orgánica	No se aplican agroquímicos

Fuente: INCA Rural 1982, Zesati del V. 2009.

Luna Flores, M., J.J. Avelar Mejía, A. Lara Herrera y J.J. Llamas Llamas. 2020. La agricultura y el deterioro ambiental. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 397-406.

cada año (11.3% de la superficie del país; SAGARPA 2012). Un 17% del área total se cultiva en el ciclo otoño-invierno y el resto en primavera-verano. De la superficie de otoño-invierno, 60% es de riego y 19.5% de primavera-verano. Los cultivos de temporal ocupan entre 70 y 75% del área total cultivada; cuando la temporada de lluvias comienza pronto se siembra una superficie mayor que cuando comienza tardíamente (Luna y Galindo 1987, Luna 2008).

En las áreas de riego donde se programa el uso del agua para varios productores (tandeo), normalmente no se suministra la cantidad suficiente para que el cultivo alcance su mayor potencial de rendimiento. Por otro lado, bajo condiciones de temporal, los rendimientos varían. Por ejemplo, en el sureste del país llueve más de lo que se necesita para un buen cultivo; mientras que en El Bajío y los Valles Altos se registran precipitaciones más o menos adecuadas a las requeridas, y en la región centro-norte hay deficiencias de entre 30 y 60% de agua para que el cultivo exprese su potencial genético (Turrent 1986, Luna 2008). Se estima que 50% del área total cultivada bajo condiciones de temporal en el país tiene buena productividad, 40% mediana productividad y 10% productividad baja o marginal (Turrent 1986).

En el 2010, las entidades del país con mayor superficie de riego fueron Sinaloa (900 mil hectáreas), Sonora, Tamaulipas, Chihuahua, Guanajuato y Michoacán (400 mil a 560 mil hectáreas cada uno; SAGARPA 2012).

En 1980 se cultivaron en el país 135 especies vegetales (sin considerar las flores) bajo condiciones de riego y para 2012 se incrementó en más de 280; de igual forma, bajo condiciones de temporal se cultivaron 127 en 1980 y 200 especies en 2012 (SAGARPA 2012); esto demuestra que la agricultura en el país se ha diversificado.

Los rendimientos unitarios que se obtienen con la mayoría de los cultivos en México son superiores o iguales a los rendimientos medios que se obtienen a nivel mundial (cuadro 2).

En ciertos cultivos, como el maíz, el rendimiento en México es bajo (3.3 t/ha) con respecto al

Cuadro 2. Rendimiento medio (t/ha) de algunos cultivos en México y en el mundo.

Cultivo	México	Mundo
Caña de azúcar	76	71
Papaya	42	24
Jitomate	28	25
Papa	28	17
Plátano	28	24
Lechuga	21	22
Limón	14	13
Naranja	13	16
Trigo	5	3
Arroz	4	4
Sorgo grano	4	2
Algodón	4	2
Cebada	3	3
Frijol	1	1

Fuente: FAO 2012.

promedio del mundo (5.1 t/ha; FAO 2012), porque 35% del área sembrada se hace bajo condiciones de temporal, cuyo rendimiento es limitado o marginal sobre todo por falta de lluvia (Turrent 1986). Sin embargo, bajo condiciones de riego, en estados como Sinaloa, que cuentan con más de 500 mil hectáreas con alta tecnología, el rendimiento promedio es de casi 10 t/ha. En sorgo de grano, en México se obtiene un rendimiento medio superior al doble del promedio del mundo, porque se cultiva bajo condiciones de buen temporal y bajo riego (3.6 y 1.5 t/ha, respectivamente) y se usa tecnología de producción apropiada (SAGARPA 2012).

Vale la pena anotar que cuando el gobierno mexicano ha apoyado sustancialmente la producción de maíz, como ocurrió en 1981 y entre 1990-1994, tanto la superficie sembrada como el rendimiento se elevaron significativamente (Luna y Zárate 1994, Luna 2003); sin embargo, este apoyo no ha sido constante y las importaciones de maíz pasaron de 3.3 millones en la década de 1980, a 7.3 millones de 2001 a 2010 (FAO 2012).

La agricultura en la entidad

La superficie total cultivada se ha incrementado en las últimas décadas: en 1970 se cultivaron 738 mil hectáreas, mientras que en el periodo 1985-1990 ascendió a un promedio de 1.3 millones; en los años posteriores se mantuvo en alrededor de 1.2 millones de hectáreas, que representan 16% de la superficie total del estado (SAGARPA 2012).

Generalmente, la superficie de temporal ha ocupado 87.5% del área total bajo el sistema tradicional (temporal típico; Luna *et al.* 2012), es decir, en la temporada de lluvias se aprovecha el agua de la precipitación pluvial. Eventualmente se usa el sistema de “maíz de húmedo” (Luna 2008), pero ha ocupado muy poca superficie. Este sistema solamente se practica cuando existe en el suelo la humedad residual de lluvias o nevadas suficiente para que las plantas de maíz se conserven vivas aproximadamente 90 días sin recibir agua de riego o de lluvia. La descripción y la tecnología de producción para los sistemas de riego y de temporal en Zacatecas se encuentra en: Galindo *et al.* (1997), Gobierno del Estado (1998), Luna (2008) y Medina *et al.* (2009).

En lo que respecta a la superficie agrícola bajo riego, que abarca alrededor de 12.5% de la superficie cultivada del estado, existen primordialmente tres sistemas de irrigación en los cultivos anuales: 1) riego completo, 2) medio riego y 3) punta de riego (cuadro 3). Cabe comentar que en la mayoría del área de riego se utiliza el completo, aunque en 50% no se aplica en su totalidad la tecnología recomendada para obtener un alto rendimiento (Luna y Galindo 1987, Medina *et al.* 2009).

Superficie, producción y rendimiento de los principales cultivos

Riego

La superficie cultivada bajo condiciones de riego en 1980 pasó de 106 mil hectáreas a 155 mil hectáreas (SAGARPA 2012). En 2012 representó 12.5% de la superficie total cultivada con más de 60 especies (sin contar las flores; Luna 2003). Entre 1980 y 1984, los cultivos básicos (principalmente de frijol y maíz) ocuparon 56 mil hectáreas del total cultivado bajo riego, pero en la actualidad solo ocupan 38.6 mil hectáreas (24.9%). Esto se debe al incremento en la superficie de hortalizas, que en aquella época cubrían 18 100 ha y en 2012 54 400 ha, y los forrajes variaron de 10 400 ha a 23 100 ha (SAGARPA 2012).

Entre 1987 y 1996 se sembraron más de 56 mil hectáreas de frijol de riego, pero en 2012 apenas alcanzó para unas 25 a 27 mil hectáreas (SAGARPA 2012). Las especies que ocupaban la mayor superficie de riego eran el maíz de grano y el chile, con más de 37 mil hectáreas cada uno, seguidas del frijol, la alfalfa y la avena forrajera (cuadro 4). Este aumento en la superficie de hortalizas y alfalfa puede acelerar el abatimiento de los mantos freáticos, ya que la mayor parte del área de riego del estado se basa en agua que se extrae del subsuelo y estos cultivos requieren más líquido que el frijol y el maíz (Echavarría *et al.* 2009); además, las hortalizas normalmente demandan más agroquímicos que el frijol y maíz, por lo que si éstos se aplican de manera irracional pueden afectar el medio ambiente (figura 1).

Cuadro 3. Tipos de irrigación en los cultivos anuales.

Tipo	Descripción
Completo	Se aplica el agua suficiente para el crecimiento y desarrollo (cinco a seis riegos de auxilio) del cultivo. Puede ser por gravedad o rodado, por cintilla o por aspersión
Medio	Solamente se irriga dos o tres veces, además del que ocupa la siembra
Punta de riego	Solo se da un riego para sembrar, esperando que las lluvias de verano completen los requerimientos de agua del cultivo. Se emplea principalmente en maíz

Fuente: Luna 2008.



Figura 1. El chile y las hortalizas son cultivos sobre los que se aplican agroquímicos en exceso. Foto: Adalberto Ríos Lanz/Banco de imágenes CONABIO.

La superficie de guayaba, vid y manzano disminuyó con respecto a lo que existía hace algunos quinquenios, aun cuando sus rendimientos en Zacatecas son parecidos a los obtenidos a nivel nacional; solo el durazno es más bajo. Esto se debe a que los productores se han inclinado más por los cultivos anuales, principalmente hortícolas (Luna 2003), y la alfalfa, porque tiene un mercado local más seguro.

Temporal

Zacatecas es una de las pocas entidades del país que cultiva más de un millón de hectáreas bajo condiciones de temporal: representa 87.5% de la superficie total cultivada en el estado (SAGARPA 2012). Bajo agricultura de temporal se cultivan más de 30 especies (sin contar las flores), aunque varias en poca superficie. El frijol, el maíz (figura 2), la avena y el maíz forrajero ocupan 89% de la superficie (cuadro 5).

Entre 1987 y 1996 se sembraron más de 700 mil hectáreas de frijol de temporal, mismas que para 2012 disminuyeron a menos de 600 mil hectáreas. Un caso parecido sucedió con el maíz de grano: se sembraron 500 mil hectáreas, que decrecieron hasta las 250 mil y 280 mil hectáreas en los últimos años. Esto se debe a que en las áreas con más limitaciones de agua ha aumentado la superficie cultivada de avena y maíz forrajeros por la importancia de la ganadería de engorda en el estado. El incremento en la superficie de esos cultivos se debe a apoyos gubernamentales otorgados mediante el programa de reconversión productiva que realiza la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, cuadro 3; Luna *et al.* 2012). Considerando solo el tipo de cultivo (dejando un lado su uso para la ganadería), esto puede ser benéfico, porque la avena tiene un sistema radical más profuso que el maíz y el frijol, por lo cual la erosión de suelo es menor;

Cuadro 4. Superficie cultivada, producción y rendimiento de los principales cultivos de riego (promedio de 2009 y 2010).

Cultivo	Superficie (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)	Rendimiento promedio nacional (t/ha)
Maíz	37.60	195.5	5.3	7.5
Chile	37.10	288.4	7.9	11.8
Frijol	26.20	41.7	1.6	1.6
Alfalfa	9.70	708.5	73.6	77.1
Avena forrajera	9.50	176.5	18.4	25.9
Guayaba	4.00	43.0	11.0	13.7
Cebolla	3.95	131.0	33.4	28.8
Vid	3.60	33.5	9.6	11.1
Lechuga	3.25	64.3	19.8	20.7
Duraznero	3.15	11.4	3.7	7.3
Zanahoria	3.15	92.6	29.9	26.5
Tomate rojo	3.15	120.0	38.9	45.2
Tomate verde	3.05	58.2	19.6	18.4
Total	147.40	1 964.6		

Fuente: SAGARPA 2012.

asimismo, su ciclo vegetativo es inferior y requiere menos agua que el frijol y el maíz de grano.

Por lo general, los rendimientos medios que se obtienen de los cultivos anotados antes (cuadro 5) son más bajos que el promedio nacional (SAGARPA 2012), debido a las deficientes condiciones de cultivo de temporal en el estado y al uso de tecnología inapropiada (Luna *et al.* 2012).

Cabe mencionar que los rendimientos unitarios de los cultivos de temporal están influenciados significativamente por la cantidad y la distribución de la lluvia que se registra durante el ciclo de cultivo (Luna y Galindo 1987, Luna *et al.* 2012). Los rendimientos de maíz forrajero, trigo de grano, cebada de grano y tuna casi no han variado desde 1980 y los de avena forrajera se incrementaron poco. Finalmente, los de duraznero disminuyeron en 40%, y los de frijol y maíz se elevaron a pesar de las deficientes condiciones agroecológicas de cultivo, a razón de 5.79 y 9.07 kg/ha por año, respectivamente, en ese mismo periodo (Luna *et al.* 2012). Lo anterior representa en promedio 87 mil toneladas más de frijol por año que hace 30 años y 82 mil de maíz. Esto ha sido posible por el uso



Figura 2. El cultivo de maíz ocupa el segundo lugar en importancia socioeconómica en el estado. Foto: Adalberto Ríos Szalay/Banco de imágenes CONABIO.

Cuadro 5. Superficie cultivada, producción y rendimiento de los principales cultivos de temporal (promedio de 2009 y 2010).

Cultivo	Superficie (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)	Rendimiento promedio nacional (t/ha)
Frijol	542.0	223.0	0.59	0.61
Maíz	246.0	145.0	1.04	2.15
Avena forrajera	181.0	822.0	6.04	11.75
Maíz forrajero	71.0	280.0	6.50	15.80
Nopal tunero	18.3	97.2	6.60	7.90
Trigo de grano	17.5	21.1	2.34	1.90
Durazno	14.0	38.0	2.50	4.15
Cebada de grano	11.5	15.0	1.30	1.60
Otros pastos (buffel, navajita, etc.)	8.5	140.3	16.50	18.85
Total	1 109.8	1 781.6		

Fuente: SAGARPA 2012.

de mejor tecnología de producción que la utilizada hace décadas, como el uso de semilla mejorada, fertilización de una mayor área, el incremento en la densidad de plantas, el empleo de la práctica de “pileteo” (mediante la que se almacena mayor cantidad de agua de lluvia al hacer bordos separados unos 5 m dentro de cada surco) y, finalmente, también pudo haber influido que se están cultivando en áreas más apropiadas que antes, al sustituir en donde llueve menos los cultivos de frijol y maíz por los de avena (figura 3) y maíz forrajero.

Efecto de la agricultura sobre los ecosistemas

La agricultura es una actividad productiva que provoca efectos adversos al medio ambiente y a la biodiversidad, sobre todo cuando se realiza inadecuadamente. De manera irremediable, la actividad agrícola implica el desmonte de los terrenos donde se va a cultivar, es decir, la eliminación de la vegetación natural. Esto además tiene como consecuencia el desplazamiento o muerte del hábitat de las especies (Rivera 2007). En este sentido, a nivel nacional se ha desmontado o modificado poco más de 11% de la superficie total del país por la agricultura; 16% a nivel estatal.

Cabe destacar que, de acuerdo con la clasificación de Echavarría y colaboradores (2009)

sobre la aptitud de las tierras agrícolas en la entidad (cuadro 6), para poder obtener altos rendimientos y rentabilidad sin deterioro ambiental, esta actividad se debería desarrollar solamente en los terrenos que no tienen o tienen muy pocas limitantes para la agricultura y que en total suman 722 795 ha (62% del total). Si a esta superficie se añaden los terrenos que tienen más limitantes, pero con posibilidad de ser aprovechados se tendrían 959 670 ha (82.4% del total), aunque estos requerirían de mayores cuidados y gasto. Sin embargo, en los últimos años se han cultivado aproximadamente 200 mil hectáreas más en el estado, casi todas bajo condiciones de temporal. Esta superficie es similar a la que indican Echavarría y colaboradores (2009) como no apta para desarrollar la agricultura, lo que provoca afectaciones ambientales, tales como la pérdida de suelo por erosión y de especies vegetales y animales que formaban parte del hábitat natural.

Los requerimientos suficientes para que un cultivo exprese su potencial genético están determinados por organismos nacionales oficiales, como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y algunas universidades del país, mediante la experimentación e investigación, y con el único interés de obtener recomendaciones confiables que beneficien a los



Figura 3. El cultivo de avena disminuye la erosión del suelo que ocasiona la escorrentía del agua de lluvia. Foto: Maximino Luna.

agricultores e incrementen la producción sin deterioro ambiental (Turrent y Cortés 2005). Sin embargo, en Zacatecas se estima que 50% de los productores que siembran, sobre todo hortalizas y maíz, por iniciativa propia o por recomendaciones no oficiales, aplican agroquímicos en exceso con la creencia de que obtendrán mayor rendimiento, lo cual normalmente no se logra (Luna *et al.* 2012). Esto trae como consecuencia la contaminación del suelo, el agua y el aire, la muerte de fauna silvestre como insectos, roedores, aves y otros organismos benéficos.

Asimismo, los agricultores locales usan de forma ineficiente el agua de riego al aplicar más de la que requiere el cultivo para un buen crecimiento y desarrollo, principalmente porque no utilizan tecnologías con las que se ahorra agua, como son el entubado, la cintilla y la aspersión (Echavarría

et al. 2009), lo que favorece el rápido abatimiento de los mantos freáticos. Es pertinente recordar que 70% del agua que se extrae del subsuelo se usa en la agricultura y que con el uso de tecnología adecuada se podría ahorrar hasta 60% (Mojarro 2004). Por otra parte, llevan a cabo más labores de las necesarias con maquinaria y prácticas, como barbecho, en épocas inoportunas, lo que ocasiona la compactación y pérdida del suelo. El uso excesivo de agroquímicos, agua de riego y de maquinaria incrementan los costos de producción sin que se refleje en ganancia económica y, además, afectan el medio ambiente y la inocuidad de los productos agrícolas; por lo tanto, debe hacerse una campaña efectiva para evitar esos excesos.

Para la superficie agrícola de temporal del estado, Echavarría y colaboradores (2009) hicieron una clasificación basada en la degradación que ha

Cuadro 6. Clasificación de la superficie agrícola del estado.

Categoría	Descripción	Superficie (ha)	Superficie del estado (%)
1	Sin límites para desarrollar agricultura	145 630	12.5
2	Con una o más limitantes en grado moderado, pero pueden producir altos rendimientos	577 165	49.6
3	Con más de dos limitantes, pero es posible aprovecharlas para desarrollar agricultura, aunque con una inversión mayor que las anteriores	236 875	20.3
4	Baja o nula aptitud para desarrollar agricultura	205 020	17.6
Total		1 164 690	100.0

Fuente: Echavarría *et al.* 2009.

ocurrido a través del tiempo y el riesgo actual de erosión (cuadro 7). Determinaron que solamente en 857 942 ha (79.2% del total) existen las condiciones para la agricultura de temporal en las que se deben aplicar tecnologías protectoras del suelo, como es la labranza de conservación, con la que se dejan los residuos de la cosecha anterior, agregar materia orgánica, hacer bordos de contención, usar contreo, entre otros. El otro 20.8% debería dejarse sin cultivar para que se regenere la vegetación natural, así como para captar agua de lluvia para la recarga de acuíferos y usarla en terrenos aptos para la agricultura o colectarla en abrevaderos para uso ganadero.

Conclusiones y recomendaciones

El suelo y la vegetación nativa del estado son frágiles debido a la agricultura, que se desarrolla en 16% de la superficie total, a los disturbios naturales, como la sequía, y a las actividades antrópicas, como el sobrepastoreo, la recolecta de plantas, los incendios y la minería. Veintiún por ciento de la superficie del estado donde se realiza agricultura, sobre todo de temporal, no es apta para ello, lo cual genera erosión del suelo, pérdida de agua y mayor pérdida de biodiversidad, que en las zonas aptas. Esta superficie debería usarse para captar agua de lluvia y derivarla hacia áreas con buen suelo, para la recarga de acuíferos o para actividades pecuarias o forestales.

Cuadro 7. Clasificación de los suelos agrícolas de temporal con base en la degradación y riesgo de erosión.

Grado de degradación	Municipios	Actividades agrícolas recomendadas	Superficie (ha)	Superficie del estado (%)
Bajo	Juan Aldama, Miguel Auza, Nieves, Río Grande, Sombrerete, Saín Alto, Fresnillo, Valparaíso, Jerez, Villanueva, Momax, Joaquín Amaro, Atolinga, Santa María de la Paz, Nochistlán, Jalpa, Huanusco, Tabasco y Pinos, Genaro Codina, Guadalupe, Luis Moya y Ojo-caliente	Labranza de conservación, construcción de bordos, contreo (pileteo) y agregar materia orgánica para almacenar y conservar agua de lluvia, uso de variedades precoces y tolerantes a sequía y cultivo de especies que protejan el suelo	234 016	3.1
Mediano	Sombrerete, Miguel Auza, Río Grande, Jerez, Villanueva, Villa de Cos, Villa Hidalgo y Pinos	Labranza de conservación, aplicación de materia orgánica y cultivo de especies que protejan el suelo, contreo (pileteo)	623 926	8.3
Alto	Fresnillo, Jerez, Genaro Codina, Cuahutémoc, Pánfilo Natera, Villa García, Loreto, Villa de Cos, Pánuco y Guadalupe	No es propicio para agricultura porque no disponen de suelo; puede usarse para captar agua de lluvia y derivarla a áreas con mejores condiciones de suelo o para recarga de acuíferos, también puede usarse en actividades pecuarias o forestales	225 233	3.0
Total			1 083 175	14.4

Fuente: Echavarría *et al.* 2009.

Las superficies de frijol y de maíz de temporal disminuyeron en los últimos años por el incremento en la superficie de avena y maíz forrajeros como parte del programa de reconversión productiva implementado por la SAGARPA. Este cambio es benéfico para la conservación de los recursos suelo y agua de lluvia, porque el sistema radical de la avena es profuso y superficial, lo cual evita la erosión por el escurrimiento del agua.

En tierras sujetas a degradación del suelo de mediano riesgo se debe usar labranza mínima, sembrar en curvas a nivel, usar variedades precoces tolerantes a sequía y que protejan el suelo (p.e. Cafime y V-209 de maíz; Turquesa y Cuauhtémoc

de avena forrajera; Adabella y Esmeralda de cebada; Triunfo F 2004 y Rajarán F 2004 de trigo), usar el pileteo y agregar materia orgánica.

Varios acuíferos, principalmente localizados en los municipios de Zacatecas, Calera y Fresnillo, están sobreexplotados. La identificación y validación de sitios de recarga puede ayudar para la recuperación de ellos.

La agricultura sustentable y rentable puede desarrollarse aplicando solo lo necesario para que el cultivo exprese el potencial productivo determinado por los genes de las plantas, sin que se use en exceso maquinaria, semillas y agroquímicos.

Referencias

- Echavarría, F., G. Medina, A.F. Rumayor *et al.* 2009. *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico*. Libro Técnico No. 10. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Zacatecas.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. 2012. *Anuario de producción de cultivos agrícolas*. En: <<http://www.fao.org/faostat>>, última consulta: junio de 2012.
- Galindo, G., H. Pérez y R. Gutiérrez (comps.). 1997. *Catálogo de tecnología y servicios del inifap en Zacatecas*. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Zacatecas.
- Gobierno del Estado. 1998. *Guía técnica de los principales cultivos del estado*. Gobierno del Estado, Zacatecas.
- INCA Rural. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario. 1982. *Diccionario agropecuario de México*. INCA Rural, México.
- Luna, M. 2003. ¿Por qué no se deja de producir maíz en México? En: *¿El campo aguanta más?* R. Schwentesius, M.A. Gómez, J.L. Calva y L. Hernández (coords.). Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 111-128.
- Luna, M. 2008. *El cultivo de maíz en Zacatecas*. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Luna, M. y G. Galindo. 1987. La agricultura de Zacatecas; un estado mexicano. *AgroCiencia* 13:77-90.
- Luna, M. y J.L. Zárate. 1994. La producción de maíz en México ante el Tratado de Libre Comercio. En: *El TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario del Centro-Norte de México*. R. Schwentesius, M.A. Gómez, J.C. Ledesma y C. Gallegos (comps.). Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 17-34.
- Luna, M., J. Martínez, M.G. Luna *et al.* 2012. La producción agrícola de temporal de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1-10.
- Medina, G., J. Zegbe, J. Mena *et al.* 2009. *Potencial productivo de especies agrícolas en el distrito de desarrollo rural Zacatecas, Zacatecas*. Publicación Técnica No. 3. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Zacatecas.
- Mojarro, D.F. 2004. Optimización del uso del agua de riego para incrementar la productividad de chile seco en Zacatecas. En: *Memorias de la Primera Convención Mundial de Chile*. Zacatecas, México, pp. 203-210.
- Reyes, C.P. 1991. *Historia de la agricultura; información y síntesis*. AGT Editor, S.A., México.
- Rivera, Y. 2007. *Tráfico de especies*. En: <http://zacatecas.contralinea.com.mx/archivo/2007/septiembre/htm/trafico_especies.htm>, última consulta: abril de 2013.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 2012. *Anuario estadístico de producción agrícola*. En: <<http://www.sagarpa.oeidrus>>, última consulta: junio de 2012.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. *Ordenamiento ecológico general del territorio. Memoria Técnica 1995-2000*. SEMARNAP, México.

Turrent, A. 1986. *Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana*. Colegio de Posgraduados, Texcoco.

Turrent, A. y J.I. Cortés. 2005. Ciencia y tecnología en la agricultura. I Producción y sostenibilidad. *Terra Latinoamericana* 23:265-272.

WCED. World Commission on Environment and Development. 1987. *Our common future*. Oxford University Press, Oxford.

Zesati del V., P. 2009. *Alternativas productivas para la agricultura de Zacatecas (2010-2030)*. Tesis de maestría en ciencias. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.



Deterioro de los pastizales por agricultura y ganadería

Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez • Francisco Antonio Rubio Aguirre

Un pastizal se define como un terreno con abundante pasto. Para la Sociedad de Manejo de Pastizales de los Estados Unidos se refiere a aquellos terrenos con vegetación nativa predominante de gramíneas, incluyendo otras plantas herbáceas y arbustivas (The Rangelands Partnership 2013). Dentro de las plantas herbáceas de hoja angosta, una de las familias más importantes es la de las gramíneas, las cuales poseen alrededor de 10 mil especies a nivel mundial; en México se reportan 1 182 y en el estado se han identificado 284 (Herrera y Pámanes 2010). De hecho, la palabra Zacatecas, que se deriva del plural en español de las palabras náhuatl: *zacatl* (zacate), *tepetl* (cerro, montaña) y *ca* (región), es decir, “región de cerros cubiertos de zacates”, hace por sí misma referencia a un ecosistema de pastizal.

El estudio de estos ecosistemas no es sencillo, por ser sistemas biofísicos complejos con una alta variabilidad, debido al clima, los tipos de suelos, los animales y la vegetación (Boyd y Svejcar 2009). En este capítulo se hace una retrospectiva del uso de los pastizales en la entidad, se reporta información sobre el deterioro de sus suelos y se proponen algunas opciones de manejo para su uso sustentable.

Importancia de los pastizales

Los pastizales tienen una gran importancia económica debido al rol protagónico que juegan como recurso estratégico base de la industria ganadera de América del Norte, es decir Canadá, Estados Unidos y México; estos tres países se ubican entre los once principales productores de carne de

res a nivel mundial. Asimismo, los pastizales nativos brindan imprescindibles servicios ambientales: contribuyen a la recarga de acuíferos, son hábitat para muchas especies residentes y migratorias de aves y mamíferos, y constituyen una importante herramienta para mitigar los efectos del cambio climático global gracias al almacenamiento de carbono (Bionero 2013).

Dentro de las áreas de pastizal abundan infinidad de insectos útiles, como escarabajos, arañas, lombrices y termitas, los cuales juegan un rol de suma importancia en el reciclado de nutrientes; otro insecto benéfico es la abeja, que produce una fuente importante de energía (miel) con base en el néctar y polen que recolecta de las plantas silvestres de los pastizales. Ahí mismo se obtienen grandes cantidades de plantas medicinales que son usadas por la medicina naturista. Por su parte, los suelos de los pastizales producen infinidad de hongos (micorrizas) benéficos para la agricultura. Finalmente, en el subsuelo de los pastizales existe una gran diversidad de rocas minerales (basaltos, serpentinas, calizas, zeolitas, fosforitas) útiles para la remineralización de los suelos agrícolas, fuente de minerales para el ganado y aporte de material pétreo para la construcción de viviendas y edificios.

Antecedentes históricos de la ganadería en los pastizales del estado

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México se encuentran grandes extensiones de pastizal, las cuales han sido expuestas al pastoreo sistemático desde los tiempos de la Colonia.

Echavarría-Cháirez, F.G. y F.A. Rubio-Aguirre. 2020. Deterioro de los pastizales por agricultura y ganadería. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 407-411.

Existen reportes históricos (Powell 1975, Esparza 1988) que indican que los colonizadores, además de su interés por la minería, se interesaron por la ganadería; la engorda de ganado fue una actividad exitosa y rápidamente llegó a ser importante. Dada la demanda de carne en las poblaciones mineras y la necesidad de liberar la presión de pastoreo en México central, el ganado fue moviéndose hacia áreas menos pobladas del norte, entonces “olas de ganado mayor invadieron las planicies del norte de México” (Chevalier 1956, citado por Esparza 1988). Para 1803 había 66 haciendas en el estado que tenían de 5 a 100 “sitios” de ganado (un sitio abarca 1 755 ha) y que incluían ganado bovino, caprino y ovino. Sin embargo, la disponibilidad de forraje fue siempre limitada y en ese tiempo la causa no era el sobrepastoreo, sino la falta de lluvias y muchos animales morían anualmente.

Después de la Revolución mexicana, en Zacatecas se fueron definiendo poco a poco dos tipos de propiedad de la tierra: la privada y la comunal. La propiedad comunal fue organizada en ejidos, lo cual le otorgó propiedad legal a los campesinos. Hoy en día, más de 65% de la superficie dedicada a usos agrícolas y de pastoreo se encuentra bajo continua degradación, especialmente la de uso comunal. Cerca de 50% de los ejidos presentan condiciones de degradación de los pastizales bajo su propiedad debido al sobrepastoreo.

Cambio de uso del suelo de pastizal a uso agrícola desde del siglo XIX hasta principios del XXI

Además del sobrepastoreo, que conduce a la disminución de la cubierta vegetal y después a la erosión y degradación del suelo de los pastizales, el cambio de uso del suelo de una actividad pecuaria a agrícola, es un factor más que afecta las áreas de pastizal del estado. Esta presión de cambio se puede ver al comparar los valores reportados a finales del siglo XIX, donde se calculaba la extensión de terrenos dedicados a pastos naturales para la cría de ganado en 3 270 000 ha (Velasco 1889, Esparza 1988). Para el año 2004, la superficie re-

conocida por el INEGI como pastizal natural en Zacatecas fue de 1 155 653 (Echavarría-Cháirez *et al.* 2009), lo que representa una disminución de más de 50%. En esta disminución se incluyen tierras que fueron abiertas al cultivo y otras en que, debido al sobrepastoreo, los pastos fueron eliminados y sustituidos por especies vegetales de menor interés para el ganado y sobre las cuales se dio una menor presión de pastoreo (ahora pueden ser clasificadas como matorrales).

Un ejemplo de ello son los datos que se tienen sobre las tierras que hoy pertenecen a los acuíferos Chupaderos, Calera y Aguanaval, que son las mayores fuentes de aprovechamientos hídricos del estado, y la zona de mayor actividad económica e industrial (cuadro 1). Datos de uso del suelo de 1974 a 2004 (INEGI 2005) muestran que el mayor cambio de uso del suelo se produjo en el acuífero Chupaderos, seguido del acuífero Aguanaval y, en tercer lugar, Calera (Mojarro *et al.* 2010)

Disminución de la productividad asociada a la pérdida de suelo

Una consecuencia del sobrepastoreo en los pastizales es la disminución de la productividad, es decir, de la cantidad de forraje seco producido por hectárea. A medida que se pierden las capas superiores del suelo se disminuye la productividad de materia seca del pastizal. En un estudio realizado de 2001 a 2005 en un área bajo pastoreo controlado del ejido Pánuco se demostró que, a medida que se pierden los horizontes del suelo por erosión, la productividad disminuye (Serna-Pérez y Echavarría-Cháirez 2007). En el cuadro 2 se observa que, a menor degradación del suelo, la productividad de materia seca de pasto fue mayor.

Valores de erosión hídrica en pastizales de acuerdo con la cubierta vegetal

La cantidad de suelo que se pierde en terrenos de pastizal varía de acuerdo a su cobertura vegetal. Los valores potenciales (suelo desnudo) medidos en pastizales de la entidad van desde 0.36 a

Cuadro 1. Tasa de cambio anual de uso del suelo de pastizal y matorral hacia uso agrícola en las áreas de los acuíferos Chupaderos, Aguanaval y Calera, de 1974 a 2004.

Acuífero	Tipo de vegetación	1974	2004	Tasa de cambio (ha/año)
Chupaderos	Pastizal	33 231	19 531	1 991
	Matorral	138 783	92 753	
Aguanaval	Pastizal	96 404	69 967	950
	Matorral	16 631	14 572	
Calera	Pastizal	67 926	55 777	578
	Matorral	27 626	22 421	

Fuente: Mojarro *et al.* 2010.

7.08 t/ha, aunque los estimados alcanzan 56.7 t/ha (Echavarría-Cháirez *et al.* 2010). En los lugares con una cobertura vegetal alta, como las áreas con densas nopaleras, se obtienen los valores más bajos de erosión, que pueden ir de 0 a 100 kg/ha. Sin embargo, en las áreas con poca cobertura vegetal, como aquellas sometidas a un pastoreo continuo, es decir, en las que se mantiene al ganado por todo el año sin permitir la recuperación de la vegetación, los valores medidos de erosión van desde 30 hasta 470 kg/ha, con valores estimados de hasta 9 t/ha; este último valor se considera muy alto para terrenos de pastizal. Los valores de erosión máximos medidos fueron de 5.5 t/ha en un periodo de tres años de evaluaciones (Serna-Pérez y Echavarría-Cháirez 2002), aunque existe evidencia sin publicar de hasta 7 t/ha.

Cuadro 2. Disminución de la producción de materia seca asociada con la pérdida de horizontes de suelo (capas de suelo diferenciadas) por efecto de la erosión.

Degradación	Características	Productividad (kg/ha)
Baja	Suelo con horizontes completos	1 340
Mediana	Suelo sin horizonte A	1 158
Alta	Suelo sin horizontes A y B	1 172
	Con desarrollo <i>in situ</i>	1 137
	Predominio de material calcáreo	909
	Capa muy delgada de suelo sobre el material parental	1 051

Fuente: Serna-Pérez y Echavarría-Cháirez 2007.

El pastoreo rotacional ha sido considerado para la rehabilitación de tierras del pastizal. Holecheck y colaboradores (1995) mencionan que la investigación en sistemas especializados de apacentamiento ha demostrado mejoras en la condición del pastizal, al permitir desde un modesto 10% hasta 30% de incremento en la capacidad de carga animal. En comparación con el pastoreo continuo, los valores medidos de erosión van de 20 a 60 kg/ha, con valores estimados hasta de 700 kg/ha, lo que significa valores menores en 90% a los estimados para el pastoreo continuo.

Cambios en el suelo por efecto del pastoreo

El exceso de pastoreo también afecta algunas propiedades del suelo, como la compactación y reducción de infiltración, lo que conduce a incrementar el escurrimiento y pérdidas de suelo por erosión hídrica. En un estudio realizado en áreas de pastizal del municipio de Pánuco, sobre los cambios en el suelo por efecto de los sistemas de pastoreo rotacional y continuo con pequeños rumiantes (como caprinos y ovinos), se encontró que la disminución del pisoteo y la menor presión de uso del pastoreo rotacional influyeron positivamente en las características físicas del suelo, al no incrementar los valores de densidad aparente, mantener bajos los valores de resistencia a la penetración, incrementar la porosidad y producir un menor tamaño medio de radio de poro, en comparación con el pastoreo continuo (cuadro 3). Asimismo,

Cuadro 3. Indicadores de infiltración de agua en suelo de pastizales y su compactación bajo dos sistemas de pastoreo en Pánuco.

Sistema de pastoreo	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia a la penetración (J/cm)	Porosidad (%)	Tamaño medio de radio de poro (μ)	Tasa de infiltración (cm/hr)
Rotacional	1.41	15.30	45	534-550	10.7-9.7
Continuo	1.53	17.06	41	578-592	7.6-7.1

Fuente: Echavarría-Cháirez *et al.* 2007.

bajo las condiciones de vegetación estudiadas, las pérdidas de suelo y escorrentía fueron sistemáticamente menores en las áreas con pastoreo rotacional que con pastoreo continuo.

En resumen, el pastoreo rotacional y sus efectos benéficos se traducen en incrementos en la capacidad de captación de humedad del suelo, lo que se convierte en mayor producción de material vegetativo, y a su vez conlleva una mayor sostenibilidad del suelo del pastizal. Otro efecto benéfico del incremento de la infiltración de agua en el suelo es la contribución a la recarga de los acuíferos, los cuales son explotados en la cuenca baja del estado y contribuyen a la producción agrícola empresarial.

Conclusiones y recomendaciones

Las políticas gubernamentales llevadas a cabo en la década de los setenta provocaron una extensa deforestación de las áreas de pastizal y matorrales del territorio zacatecano, las cuales han contribuido a la formación de un gran desierto antrópico en los municipios ubicados en el centro y noroeste, donde la baja fertilidad de los suelos está provocando un bajo rendimiento de los cultivos de frijol y maíz, aparejado con una creciente erosión por viento y agua.

En los terrenos de pastizal que aún permanecen sin ser roturados por el arado están presentes la compactación y reducida cubierta vegetal, impidiendo la retención del agua al interior del suelo, lo cual provoca fuertes escorrentías, deslaves y falta de recarga de los mantos acuíferos, mientras que en el componente ganado los bajos rendimientos unitarios son cada vez más evidentes.

Los sistemas de pastoreo rotacional son una de las opciones tecnológicas que pueden ayudar a promover la recuperación de la cubierta vegetal, así como el mejoramiento de las condiciones del suelo. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de sistemas de pastoreo rotacional ha ayudado a mejorar la infiltración de agua en el suelo y reduce la erosión hídrica.

Aunque el establecimiento de sistemas de pastoreo rotacional no es una opción tecnológica fácil de adoptar, especialmente en áreas ejidales, se debe hacer el intento en aquellos núcleos agrarios que se comprometan a conservar y mejorar sus terrenos, pues más de la mitad del territorio zacatecano es usado bajo este esquema. Esfuerzos de esta índole se han podido observar en los últimos años con las acciones de ordenamiento llevadas a cabo por las Secretaría del Campo del gobierno estatal, en estrecha coordinación con la Delegación Zacatecas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA) y con apoyos económicos provenientes de la federación (regresión de tierras, reconversión productiva).

La adopción de sistemas de pastoreo rotacional puede implicar la reconversión de áreas agrícolas hacia la producción de forrajes, con los que se puede alimentar el ganado, y esta puede ser una manera de disminuir la presión de pastoreo y facilitar el establecimiento de sistemas de pastoreo. Un sistema de pastoreo rotacional, sumado a la producción de forrajes anuales en áreas anteriormente dedicadas a la producción agrícola, así como la aplicación de prácticas de manejo sanitario y la elaboración de productos lácteos, puede contribuir a mejorar la rentabilidad y reducir la

degradación del pastizal y la reconversión hacia un sistema sustentable.

Finalmente, ya que los problemas del pastizal son en parte de tipo cultural y producto de la falta de conocimiento adecuado es de suma importancia tomar en cuenta, en primer lugar, a los dueños del pastizal, que se les oriente y capacite respetando su cultura, valores, creencias, temores y visión de futuro. En lo que respecta a políticos

y tomadores de decisiones, conviene hacerles ver la importancia de este vital ecosistema para que sea valorado y considerado para la formulación de planes y programas. Por último, a la niñez y juventud se le deberá de dotar de información accesible y oportuna, tanto en aula como en campo, sobre la importancia y futuro de este incomprendido ecosistema.

Referencias

- Bionero. 2013. *Crean alianza para la conservación y el uso sustentable de los pastizales del desierto chihuahuense*. En: <<http://www.bionero.org/ecologia/crean-alianza-para-la-conservacion-y-el-uso-sustentable-de-los-pastizales-del-desiertochihuahuense#sthash.6u4Anw3Q.dpuf>>, última consulta: septiembre de 2013.
- Boyd, C.S. y T.J. Svejcar. 2009. Managing complex problems in rangeland ecosystems. *Rangeland Ecology and Management* 62:491-499.
- Echavarría-Cháirez, F.G., G.G. Medina, A.F. Rumayor et al. 2009. *Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico*. Libro Técnico N° 10. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, Zacatecas.
- Echavarría-Cháirez, F.G., A. Serna-Pérez y R.V. Bañuelos. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Técnica Pecuaria* 45(2):177-194.
- Echavarría-Cháirez, F.G., A. Serna-Pérez, H. Salinas-González et al. 2010. Small ruminant impacts on rangelands of semi-arid highlands of Mexico and the reconverting by grazing systems. *Small ruminants research* 89(2):211-217.
- Esparza, S.C. 1988. *Historia de la ganadería en Zacatecas 1531-1911*. Instituto Zacatecano de Cultura, Zacatecas.
- Herrera, Y. y D.S. Pámanes. 2010. *Guía de pastos de Zacatecas*. CIIDIR Unidad Durango-IPN/CONABIO, Durango.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2005. *Carta de uso actual del suelo y vegetación Serie III*. INEGI, México.
- Mojarro, D.F., C.F. Bautista, H. Santana et al. 2010. *Diagnósticos y políticas de manejo para la sostenibilidad de seis acuíferos en el estado*. SAGARPA/SEDAGRO/UAZ, Zacatecas.
- Powell, W. 1975. *La guerra chichimeca (1550-1600)*. Traducción de Juan José Ultrilla. FCE, México.
- Serna-Pérez, A. y F.G. Echavarría-Cháirez. 2002. Caracterización hidrológica de un pastizal comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. I. Pérdidas de suelo. *Técnica Pecuaria en México* 40(1):37-53.
- . 2007. Niveles de degradación del suelo de un pastizal semiárido: II Diferencias en productividad. En: *IV Simposio internacional de pastizales*. San Luis Potosí, México.
- The Rangelands Partnership. 2013. *Rangelands west*. En: <<http://globalrangelands.org/rangelandswest/glossary>>, última consulta: septiembre de 2013.
- Velasco, A.L. 1889. *Geografía y estadística del estado de Zacatecas*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, México.

Minería

Miguel Ángel Salas Luévano • Héctor René Vega Carrillo

El término minería es utilizado ampliamente para referirse a la extracción de todas las sustancias de origen natural provenientes de la tierra para su utilización. Esta actividad incluye una serie de fases secuenciales que comprenden la exploración, el desarrollo, la explotación de la mina, la disposición del desmonte o desecho de roca, la extracción del mineral, el beneficio o procesamiento del mineral, la disposición de relaves y la rehabilitación y cierre de la mina. Cada etapa está asociada a un conjunto de impactos ambientales (ELAW 2013), particularmente en el proceso de beneficio, el refinado y la eliminación de residuos o relaves, ya que con frecuencia contienen metales tóxicos (tales como cadmio, plomo y arsénico; Barbour 1994).

En México, la minería ha sido una actividad de capital importancia para la economía, cuya historia se remonta a la época prehispánica y colonial (González-Sánchez y Camprubí 2010). Entre las obras mineras precolombinas destacan: Amatepec, Sultepec, Temascaltepec y Zacualpan (Estado de México); Taxco y Zumpango (Guerrero); Tlalpujahuá (Michoacán); Santa Bárbara (Chihuahua); Pachuca (Hidalgo); Guanajuato; la sierra de Querétaro; y en Zacatecas, Fresnillo, Mazapil, Sombrerete y la ciudad de Zacatecas (Canet y Camprubí 2006).

Descripción de la actividad minera

Con base en la cantidad de recursos que sustentan y el porcentaje que representa, se reconocen las siguientes divisiones (Musik-Asali 2004): 1) la gran minería, que aporta 84.1% del valor total de la producción minero-metalúrgica nacional; mayormente, hacia esta élite se dirigen las directrices del Estado en materia minera; 2) la mediana minería,

que aporta 13% del valor total de la producción minero-metalúrgica nacional; 3) la pequeña minería, que aporta 2.9% del valor total de la producción minero-metalúrgica nacional; y 4) la minería artesanal o “gambusinos”, una división que frecuentemente pasa desapercibida, está ubicada como el estrato más bajo de la cadena minera, no obstante que durante muchos años fue la fuente del descubrimiento de importantes zonas minerales.

En 2010, en México, la minería aportó 3.6% del producto interno bruto (PIB) nacional; también, es una fuente de divisas, con 4% de las exportaciones totales y generadora de 270 mil empleos directos, por lo que el país destaca entre los doce principales productores de 17 metales a nivel mundial (Rosas 2010). Existen operaciones mineras en 22 de las 32 entidades federativas del país. Es importante resaltar que, hasta la fecha, en el mundo no se han descubierto minas de plata más productivas que las mexicanas, entre las que destaca el yacimiento más rico y más grande localizado en Fresnillo (Musik-Asali 2004).

Impacto ambiental de la minería

La actividad minera ha generado cientos de miles de toneladas de residuos sólidos y semisólidos de forma granular conocidos como “jales” (del náhuatl *xalli*, que significa arena), los que, al almacenarse a cielo abierto, contaminan los ecosistemas. Además, como hoy en día estos sedimentos están cerca de colonias urbanas y rodeando zonas agrícolas, afectan a la población (Vite *et al.* 2007), por lo tanto, la exposición a los contaminantes de la actividad minera es común.

A menudo, en los países con una larga historia minera, la magnitud de los impactos de la minería

Salas-Luévano, M.Á. y H.R. Vega-Carrillo. 2020. Minería. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 412-419.

del pasado es considerable y especialmente grave (Garavan *et al.* 2008), ya que los desechos pueden ocasionar alteraciones de larga duración en el medio ambiente (Cooke y Johnson 2002). De esta forma, el legado de la minería moderna en las comunidades y sus alrededores se ha reducido a paisajes desprovistos de vida, donde las personas afectadas desconocen que su salud está en riesgo hasta que comienzan a mostrar signos de alguna enfermedad por contaminación (Boulanger y Gorman 2004).

En Zacatecas, la minería se inició mucho antes de la conquista española. Los descubrimientos en la zona arqueológica de Chalchihuites (cuyo nombre proviene de la palabra náhuatl *chalchihuitl*, que significa piedra verde) han evidenciado más de 750 minas prehispánicas; es probablemente el área más importante y de mayor actividad minera de Mesoamérica, con lo que se demuestra que el grupo indígena que aquí se asentó, en los siglos II al X, ya conocía y explotaba la riqueza de su subsuelo (Weigand 1968).

Asimismo, en la ciudad de Zacatecas se encontraron vestigios arqueológicos en Arroyo de la Plata, una zona que fue habitada por los indios zacatecos, quienes ya conocían la existencia de venas mineralizadas, aunque no intentaron su extracción. De hecho, la presencia de las ricas vetas polimetálicas (plata, plomo, zinc, cobre y oro) definieron en gran medida la historia y el desarrollo del estado (cuadro 1; Enciso de la V. 1994). Desde entonces, Zacatecas ha sido antigua potencia minera a nivel mundial, una tradición que se mantiene vigente.

La minería en el estado

Impacto

Entre los contaminantes más frecuentes en las zonas mineras de la entidad están el plomo, el arsénico, el cadmio y el mercurio. Estos metales son tóxicos y potencialmente biodisponibles, es decir, las concentraciones presentes en los sedimentos son transportados, captados o absorbidos por la

flora y fauna, incluso por los humanos en las comunidades vecinas a través del contacto directo o por la liberación al medio ambiente. Estos tóxicos tienen efectos carcinogénicos para los seres humanos y sobresalen de la lista proporcionada anualmente por la agencia americana para el registro de las sustancias tóxicas y enfermedades (ATSDR 2012).

Tipos

Los tipos de minería que existen en el estado se pueden agrupar en pequeña y gran minería, aunque, en la actualidad, por los volúmenes de producción se puede considerar dentro del rubro de gran minería. Además, en relación con las explotaciones mineras, genéricamente pueden clasificarse en dos grandes grupos: subterráneas y a cielo abierto. Puede ocurrir que se combinen o coexistan técnicas propias de cada uno de los grupos conocidas como explotaciones mixtas (Magallanes 2012).

El estado se ubica entre los diez primeros lugares de producción mundial en cuatro minerales: plata, plomo, oro y cobre; en América Latina es el segundo productor en oro (participa con 10.3% de la producción total en la región); y a escala nacional se mantiene como líder en la producción de plata, plomo y zinc; y segundo en oro y cobre (INEGI 2011a).

Cuadro 1. Fundación de antiguos pueblos mineros en el estado.

Pueblo minero	Fundación
Zacatecas	1546
Pánuco	1548
Vetagrande	1548
Sombrerete	1555
Chalchihuites	1556
Mazapil	1562
Nieves	1564
Fresnillo	1566
Concepción del Oro	1569
Pinos	1593
Noria de Ángeles	1705

Todos coinciden en la explotación de vetas de plata.

Fuente: INAFED 2010.

Superficie dedicada a la actividad minera

La superficie dedicada a la actividad minera comprende 2 841 067.50 ha, distribuida en 2 537 títulos de concesiones mineras vigentes al 2011, lo que representa 38.05% de la superficie total de la entidad. Los distritos mineros están localizados en los municipios de Concepción del Oro, San Julián, Nuevo Mercurio-Camino Rojo, Miguel Auza-Juan Aldama, Francisco Murguía (Nieves), Villa de Cos, Saín Alto, Sombrerete-Chalchihuites, Jiménez del Teúl, Fresnillo, Zacatecas, Ojocaliente-Pánfilo Natera, Real de Ángeles, Pinos, Valparaíso, Villa Nueva, Jalpa y Mezquital del Oro. Entre estos destacan importantes minas localizadas dentro de los distritos mineros: Concepción del Oro, Fresnillo, Miguel Auza, Ojocaliente, Sombrerete y Zacatecas (SE 2011, Magallanes 2012).

Principales metales extraídos

En la entidad, la actividad económica más importante es la minería; su contribución en 2011 fue de más de 14 mil millones de pesos corrientes y representó 14.3% del PIB estatal, y 6.3% por arriba de la participación que tuvo anteriormente a nivel nacional (INEGI 2011b). Asimismo, destacó como el principal productor de plata, con un volumen de 1 855 145 kg, contribuyendo con 48% de la producción nacional. La producción de oro fue de 9 453.5 kg y aportó 8.4%, con lo que se ubicó en el 4º lugar, aunque en 2011 alcanzó el 3º lugar

nacional en producción de este metal. Con respecto a la producción de plomo, ocupó el 1º lugar con un volumen de 73 931 kg, que se traduce en un aporte de 45.8% de la producción nacional. Con relación al cobre, durante 2011 ocupó el 2º lugar a nivel nacional con un volumen de 37 781 kg, con el que contribuyó 14.7% a la producción nacional. En producción de zinc ocupó el 1º lugar con un volumen de 154 184 kg, esto es, 41.5% de la producción nacional (cuadro 2; INEGI 2011c).

Tendencias de crecimiento

La compañía minera Fresnillo PLC, ubicada en el municipio del mismo nombre, tiene la mina productora de plata primaria más grande del mundo y produce más de 33 millones de onzas de plata al año; la producción es de 7 000 t/día (SE 2011). En Fresnillo, la mina El Saucito, propiedad de Peñoles S.A. de C.V., inició en abril de 2011 la construcción de una nueva planta sobre un yacimiento con cuatro vetas (Saucito, Jarillas, Valdecañas, y Mezquite); el material de estas vetas se extrae por el tiro Saucito y Jarillas, que cuentan con profundidades de 586 m y 530 m, respectivamente. Las leyes que tienen son: 3 g/t de oro, 400 a 450 g/t de plata y combinado plomo-zinc de 5%; la producción es de 3 000 t/día (SE 2011).

En el municipio de Mazapil, la compañía minera Peñasquito S.A. de C.V., filial mexicana de la empresa canadiense Goldcorp Inc., tiene una concesión de 39 mil hectáreas; ahí se ubica la mayor

Cuadro 2. Principales metales extraídos en el estado durante el periodo 2005-2011.

Municipio	Oro (kg)	Plomo (kg)	Cobre (kg)	Zinc (kg)
Chalchihuites	152.5	-	-	-
Fresnillo	980.3	12 739	-	19 762
Mazapil	4 196.4	33 453	9 735	50 194
Morelos	-	17 647	18 737	53 409
Ojocaliente	3 916.3	-	-	-
Sombrerete	-	-	9 255	28 423
Zacatecas	-	-	-	-
Otros	152.5	1 476	-	2 396

Fuente: INEGI 2011c.

mina de oro de América, la cual posee las segundas reservas probadas más grandes del mundo (13 millones de onzas) y de donde además se extraen plata y zinc. Fuera del proyecto Peñasquito, también se está explorando en Melchor Ocampo, Tanque Nuevo, Noche Buena y Saltillito. Asimismo, en el municipio de Ojocaliente, en la mina El Coronel, propiedad de Grupo Frisco S.A. de C.V., la producción de mineral extraído es de 30 000 t/día, con leyes de 0.3 a 0.4 g/t y recuperaciones de 70% y plata de 20 a 30% (SE 2011).

En la entidad, además, existen yacimientos mineros de tungsteno, antimonio, mercurio y barita, que no están siendo explotados. Por consiguiente, existe la posibilidad de que se establezcan nuevos distritos mineros para explotar estos minerales, como Francisco I. Madero, Mazapil, Camino Rojo y San Nicolás (SE 2011).

La minería como amenaza a la biodiversidad

En todo el mundo, las actividades mineras han afectado a los ecosistemas debido a la excavación y a la eventual acumulación de grandes volúmenes de desechos mineros. El grave impacto al medio ambiente, como la destrucción de suelo natural, la extracción de importantes volúmenes de materiales y la generación de niveles elevados de elementos tóxicos en agua y suelo, derivados del procesamiento de los minerales, con frecuencia son características comunes en la mayoría de los

sitios mineros (Vega *et al.* 2004). Los efectos más críticos de dicha contaminación ocurren cuando se acumulan los desechos tóxicos en tierras de cultivo. Las concentraciones elevadas de arsénico, plomo, cadmio, mercurio, cobre, zinc y selenio, sobre todo a largo plazo, ocasionan una amplia gama de problemas en la salud humana y el medio ambiente (Kabata-Pendias y Pendias 1992, Garbisu y Alkorta 2001, Querol *et al.* 2006). En el cuadro 3, se resumen las etapas de los procesos mineros y su impacto en el medio ambiente.

En este sentido, en México existen 623 sitios contaminados contemplados en el Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO) para su atención vía el Programa nacional de remediación de sitios contaminados (la remediación significa la remoción de contaminantes del lugar; SEMARNAT 2017).

Igualmente, la contaminación del agua por metales proviene de industrias mineras o fundidoras, y comprende muchos metales que pueden ser tóxicos. Este es el caso de la contaminación por escurrimientos de ácidos que provienen de las presas de jales de las minas, cuyos efectos pueden ser muy dañinos para la vida acuática (Múgica y Figueroa 1996). Entre los principales efectos que se producen por la contaminación del agua destacan: el agotamiento del recurso, la salinización y acidificación de lagos y acuíferos, y enfermedades y daños a la salud humana, así como a la flora y fauna silvestres (Campos 2004).

Cuadro 3. La actividad minera y su impacto en el medio ambiente.

Exploración	Descripción	Impacto ambiental
Explotación	Barrenación; obras y perforaciones	Destrucción de la vegetación, muerte o desplazamiento de fauna silvestre, modificación del relieve del suelo, desvío de cauces naturales
Beneficio	Obras diversas: tiros, socavones, patios para depósito de minerales y zonas para descarga de materiales	Contaminación del suelo y agua por arrastre de residuos peligrosos, contaminación con aguas residuales, destrucción del hábitat
Procesamiento	Concentración, trituración y molienda y tratamientos previos	Generación de ruido, vibración, emisión de polvo y gases a la atmósfera
Fundición y refinación	Obtención de metales y sus aleaciones (uso de hornos industriales) y eliminación de impurezas en los metales para aumentar la ley de contenido	Emisiones a la atmósfera, contaminación con residuos peligrosos y aguas residuales

Fuente: Dirección General de Minas 1994.

Efectos de la minería en la biodiversidad del estado

En Zacatecas, los residuos provenientes de la industria minera, tales como jales, metales, polvo y escorias de fundición y químicos, destacaron como residuos peligrosos en nueve sitios abandonados, ilegales y tiraderos clandestinos inspeccionados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) entre 1995-1997 (PROFEPA 1998). Asimismo, se detectó la disposición de residuos peligrosos provenientes de fuentes industriales, como ocurrió en 1977 en la mina Rosicler (San Felipe Nuevo Mercurio, Mazapil), donde se encontraron abandonados cientos de tambos que contenían mezclas de residuos peligrosos de hasta 209 compuestos clorados (cloruro de mercurio, mezclas de químicos y bifenilos policlorados, entre otros), que son dañinos para la salud (Kreiner 2002).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) realiza diversas acciones para la gestión de los pasivos ambientales, entre las que se encuentran: la evaluación de los impactos negativos ocasionados por los suelos contaminados, el dictamen de los estudios de riesgo ambiental (ERA) y los programas de remediación de los sitios contaminados. En colaboración con otras instancias, la SEMARNAT tiene proyectos, tanto para proporcionar información acerca de los sitios contaminados, como para su remediación (SEMARNAT 2010); en Zacatecas destaca el proyecto de recuperación del sitio Nuevo Mercurio en Mazapil (PNUD 2010).

Sin embargo, este no es el único sitio afectado en el estado, ya que la Subdelegación de Planeación y Fomento Sectorial de la SEMARNAT identifica al menos otras cuatro zonas gravemente contaminadas, que ya se encuentran contempladas en el Programa nacional de remediación de sitios contaminados (SEMARNAT 2010), entre las que destaca La Zacatecana, reportada desde 1980 como una de las zonas más contaminadas del país, en este caso por el “acarreamiento pluvial” o agua

de lluvias, que llevó hacia el lugar residuos de la antigua minería. Además, en Vetagrande, se identificaron varias presas de jales, residuos de explotación de minas y laboratorios mineros abiertos, lo que podría provocar un nivel anormal de plomo en la sangre; en Noria de Ángeles se comenzó la investigación sobre la dispersión en aproximadamente 500 ha de presas de jales descubiertas que contaminan las tierras agrícolas; finalmente, en Concepción del Oro, se encuentran residuos de minas por jales y escorias de hornos de fundición, además hay plomo solidificado y en polvo de los jales (SEMARNAT 2009).

Tecnologías sustentables de remediación de suelos contaminados

Los depósitos derivados de la actividad minera en el medio ambiente terrestre han generado nuevos hábitats de microevolución para la colonización potencial de especies de plantas comunes, variedades y adaptaciones, especies tolerantes y que acumulan metales (Baker 1984, Bush y Barret 1993, Ginocchio *et al.* 2002).

Así, los sitios mineros abandonados, que naturalmente han sido recolonizados por flora silvestre, no pueden ser vistos solamente como algo invariable o pasivo, por el contrario, son una fuente de recursos únicos para las especies vegetales adaptadas, que pueden llevar a cabo la remediación de suelos (fitorremediación). Estas plantas, y su comportamiento de colonización y evolución en las antiguas minas, han sido utilizadas para mejorar el cierre de las minas al agotarse los yacimientos y como estrategias de rehabilitación en algunas zonas mineras de los países desarrollados (Gunn 1995).

El interés por la remediación con plantas ha crecido significativamente, seguida de la identificación de las especies tolerantes o resistentes a los metales pesados (Baker *et al.* 2000, Reves y Baker 2000). Otro atributo de esta tecnología es el potencial de remediación a bajo costo (Ensley 2000). Asimismo, al comparar esta tecnología

con los métodos químicos y físicos disponibles para remediar suelos resulta que es menos destructiva para el medio ambiente (Cunningham y Berti 2000). Estas plantas tienen adaptaciones que las capacitan para sobrevivir y reproducirse en suelos fuertemente contaminados (Baker 1987).

Latinoamérica, y particularmente México, es rico en depósitos de metales, no obstante, han sido reportadas muy pocas plantas tolerantes y resistentes a metales pesados en comparación con otras regiones del mundo (Ginocchio y Baker 2004). En México se ha utilizado la planta acuática *Salvinia minima* para remover plomo y cadmio (Olguín 2001). En zonas áridas fue identificada *Eleocharis* sp. (Cyperaceae) como tolerante al arsénico con potencial para su utilización en fitoextracción (Flores-Tavizón *et al.* 2003). Particularmente en Zacatecas se han identificado especies de plantas que tienen potencial para la remediación de plomo, entre las que destacan: *Buddleja scordioides* y *Amaranthus hybridus* (Salas-Luévano *et al.* 2009). Por consiguiente, para poder implementar programas de remediación de suelos contaminados es necesario identificar y caracterizar las especies de plantas que han desarrollado tolerancia y resistencia a los metales pesados (véase “Remediación de suelos contaminados por actividades mineras mediante el uso de plantas” en esta misma obra)

Referencias

- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2012. *The ATSDR 2011 substance priority list. Division of toxicology and environmental medicine Atlanta*. En: <www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>, última consulta: 24 de enero de 2013.
- Baker, A.J.M. 1984. Environmentally-induced cadmium tolerance in the grass *Holcus lanatus*. *L. Chemosphere* 13:585-598.
- . 1987. Metal tolerance. *New Phytologist* 106:93-111.
- Baker, A.J.M., S.P. McGrath, R.D. Reeves y J.A.C. Smith. 2000. Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. En: *Phytoremediation of contaminated soil and water*. N. Terry y G. Bañuelos (eds.). Lewis Publishers, EUA, pp. 85-107.
- Barbour, A.K. 1994. Mining non-ferrous metals. En: *Mining and its environmental impact. Issues in environmental science and technology*. R.E. Hester y R.M. Harrison (eds.). Royal Society of Chemistry, England, pp. 1-15.
- Boulanger, A. y A. Gorman. 2004. *Hardrock mining: risks to community health. Women's voices for the earth*. En: <www.womenandenvironment.org/newsreports/issue-reports/>, última consulta: 25 de enero de 2012.

Conclusiones y recomendaciones

La minería es la actividad económica más importante del estado; se ubica como líder nacional en la producción de plata, plomo y zinc y como el segundo productor de oro en Latinoamérica. De ahí el imperativo de regular la actividad y evitar o minimizar su impacto sobre la biodiversidad.

Si bien la legislación nacional, a través de las normas oficiales mexicanas, leyes federales y estatales, prevé la responsabilidad por daños y deterioros causados al ambiente y, en particular, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (SEDUE 1988), en conjunto con sus reglamentos, instructivos, acuerdos y decretos, establece las normas que rigen y regulan las operaciones de los proyectos y deja clara la necesidad de elaborar los planes de explotación y restauración de los sitios naturales afectados por la minería, con el propósito de evitar y recuperar los efectos negativos, la normatividad es insuficiente y requiere de una mayor efectividad, sobre todo en términos de capacidad de inspección, vigilancia y cumplimiento.

Por lo anterior, es necesario implementar fideicomisos de custodia ambiental para financiar la gestión, la rehabilitación y supervisión de las actividades de mantenimiento de la propiedad y de la recuperación del medio ambiente contaminado, construidos entre las compañías mineras, la SEMARNAT, la PROFEPA, el gobierno del estado y los gobiernos municipales.

- Bush, E.J. y S.C.H. Barret. 1993. Genetics of mine invasions by *Deschampsia caespitosa* (Poaceae). *Canadian Journal of Botany* 71:1336-1348.
- Campos, D.B.M. 2004. Problemática actual de la contaminación de las aguas continentales. En: *La responsabilidad civil por daños al medio ambiente. El caso del agua en México*. Comisión de Derechos Humanos del Estado de México, México, pp. 130-148.
- Canet, C. y A. Camprubí. 2006. *Yacimientos minerales: los tesoros de la tierra*. FCE, México.
- Cooke, J.A. y M.S. Johnson. 2002. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. *Environmental Review* 10:41-71.
- Cunningham, S.D. y W.R. Berti. 2000. Phytoextraction and phytostabilization: technical, economic, and regulatory considerations of the soil-lead issue. En: *Phytoremediation of contaminated soil and water*. N. Terry y G. Bañuelos (eds.). Lewis Publishers, EUA, pp. 359-376.
- Dirección General de Minas. 1994. *Interrelaciones de la actividad minera con el ambiente*. Subsecretaría de Minas-SEMIP, México.
- ELAW. Environmental Law Alliance Worldwide. 2013. *Guía para evaluar EIAS de proyectos mineros. Cap. 1: Vista general de la actividad minera y sus impactos*. En: < <http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Capitulo%201.pdf>>, última consulta: agosto 2017.
- Enciso de la V., S. 1994. Crecimiento urbano de la ciudad de Zacatecas y sus asentamientos humanos en zonas mineralizadas polimetálicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 11(1):104-112.
- Ensley, B.D. 2000. Rational for use of phytoremediation. En: *Phytoremediation of toxic metals*. I. Raskin y B.D. Ensley (eds.). John Wiley & Sons, Inc., EUA, pp. 3-12.
- Flores-Tavizón, E., M.T. Alarcón-Herrera, S. Gonzalez-Elizondo y E.J. Olguín. 2003. Arsenic tolerating plants from mine sites and hot springs in the semi-arid region of Chihuahua, Mexico. *Acta Biotechnologica* 23:113-119.
- Garavan, C., J.R. Moles y B. O'Regan. 2008. A case study of the health impacts in an abandoned lead mining area, using children's blood lead levels. *International Journal of Mining Reclamation and Environment* 22(4):265-284.
- Garbisu, C. y I. Alkorta. 2001. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresource Technology* 77:229-236.
- Ginocchio, R. y A.J.M. Baker. 2004. Metallophytes in Latin America: a remarkable biological and genetic resource scarcely known and studied in the region. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:185-194.
- Ginocchio, R., R.I. Toro y D. Schnepf. 2002. Copper tolerance in populations of *Mimulus luteus* var. *variegatus* exposed and non exposed to copper pollution. *Geochemistry, Exploration, Environment, Analysis* 2:151-156.
- González-Sánchez, F. y A. Camprubí. 2010. La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 62(1):101-108.
- Gunn, J.M. 1995. *Restoration and recovery of an industrial region: Progress in restoring the smelter-damaged landscape the near Sudbury, Canada*. Springer Series on Environmental Management. Springer-Verlag, EUA, pp. 450.
- INAFED. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2010. *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Zacatecas*. En: <<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM32zacatecas/index.html>>, última consulta: 27 de marzo de 2014.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011a. *Perspectiva estadística de Zacatecas. Información estadística, industria, producción minera, 2010 y 2011*. INEGI, México.
- . 2011b. *Producto interno bruto de Zacatecas 2005-2009*. INEGI, Aguascalientes.
- . 2011c. *La minería en México 2011. Serie estadísticas sectoriales*. INEGI, México.
- Kabata-Pendias A. y H. Pendias. 1992. *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, EUA, pp. 365.
- Kreiner, I. 2002. Tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos. En: *Gestión de residuos peligrosos*. C. Cortinas y C. Moster (eds.). UNAM, México.
- Magallanes, J. de D. 2012. Secretaría de Desarrollo Económico (SEDEZAC)/Gobierno del Estado. Comunicación personal.
- Múgica, Á.V. y L.J. Figueroa. 1996. *Contaminación ambiental, causas y control, México*. UAM, México.
- Musik-Asali, G.A. 2004. *El sector minero en México; diagnóstico, prospectiva y estrategia*. Centro de Estudios de Competitividad-ITAM, México.

- Olguín, E.J. 2001. Application of phytoremediation in Mexico. En: *Proceedings of the phytoremediation conference, ISEB 2001*. Leipzig, Germany, pp. 44.
- PNUD. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 2010. *Manejo y destrucción ambientalmente adecuados de bifenilos policlorados (BPC) en México. Proyecto No. UNDP 00059701*. PNUD/GEF/SEMARNAT, México.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 1998. *Informe trianual 1995-1997*. SEMARNAT, México.
- Querol, X., A. Alastuey, N. Moreno *et al.* 2006. Immobilization of heavy metals in polluted soils by the addition of zeolitic materials synthesized from coal fly ash. *Chemosphere* 62:171-180.
- Reeves, R.D. y A.J.M. Baker. 2000. Metal-accumulating plants. En: *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*. I. Raskin y B.D. Ensley (eds.). John Wiley & Sons, EUA, pp. 193-229.
- Rosas, M.C. 2010. Mining: A strategic sector for Mexico and the world. *Revista Negocios ProMéxico* 3:16-17.
- Salas-Luévano, M.A., E. Manzanares-Acuña, C. Letechipía-de León y H.R. Vega-Carrillo. 2009. Tolerant and hyperaccumulators autochthonous plant species from mine tailing disposal sites. *Asian Journal of Experimental Sciences* 23(1):27-32.
- SE. Secretaría de Economía. 2011. *Panorama minero del estado de Zacatecas*. Coordinación General de Minería/Servicio Geológico Mexicano, México.
- 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 de 2018.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. *Cinco sitios contaminados en Zacatecas*. Subdelegación de Planeación y Fomento Sectorial/Delegación Zacatecas-SEMARNAT, Zacatecas.
- . 2010. *Programa nacional de remediación de sitios contaminados*. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas-SEMARNAT, México.
- . 2017. *Sitios potencialmente contaminados y sitios contaminados registrados en el sisco como pasivos ambientales*. Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas-SEMARNAT, México.
- Vega, F.A., E.F. Covelo M.L. Andrade y P. Market. 2004. Relationships between heavy metals content and soil properties in minesoils. *Analytica Chimica Acta* 524:141-150.
- Vite, T.J., T.J.L. Soto, T.M. Vite *et al.* 2007. Propiedades tribológicas de nuevos materiales cerámicos obtenidos de residuos industriales mineros. En: *viii Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*. Cusco.
- Weigand, P.C. 1968. The mines and mining techniques of the Chalchihuites Culture. *American Antiquity* 33(1):45-61.

Incendios forestales

Mario Antonio Serra Ortiz

Se considera incendio forestal al fuego que afecta selvas, bosques y vegetación de zonas áridas o semiáridas, ya sea provocado por causas naturales o inducidas, y cuya ocurrencia y propagación no controlada o programada obliga a combatirlo (SEMARNAT 2002, CONABIO 2008).

En general, existen tres tipos de incendios forestales:

- El superficial, que se propaga sobre material vegetal, como pastos y vegetación herbácea, de la superficie del suelo hasta 1.5 m de altura (figura 1); son los más frecuentes en México (90%).

- El aéreo o de copa, que se propaga por la parte alta de los árboles y matorrales, arriba de 1.5 m, por encima de la superficie del suelo y daña severamente al ecosistema; en México no son frecuentes (menos de 8%).

- El subterráneo, que se propaga en material por debajo de la superficie del suelo, como raíces y materia orgánica acumulada, comúnmente genera poco humo sin llama; en México no son frecuentes (menos de 2%).

Por su extensión, los incendios forestales se clasifican en nivel I (menos de 50 ha), nivel II (de 51-500 ha) y nivel III (más de 500 ha; CONAFOR 2006). Cabe mencionar que según datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), las principales causas de los incendios forestales en México son: actividades agropecuarias (36.3%), fogatas (13%), cigarrillos (11.7%) y otras, entre las que están los aprovechamientos (corte y acarreo de trozas de madera, leña para venta y consumo en hogares, elaboración de carbón), cazadores furtivos, descargas eléctricas y cultivos ilícitos; estas equivalen a 9.6% del total de incendios (figura 2; SEMARNAT 2013a).

En el presente capítulo se hace una semblanza de los incendios ocurridos en la entidad durante los últimos años y con base en la información disponible de la CONAFOR se analizan sus causas y se describen las acciones que se llevan a cabo para combatirlos.

Los incendios en el estado

Los datos históricos de la CONAFOR (SEMARNAT 2013b) mencionan que durante los últimos 15 años (1998-2012) se han presentado 1 431 incendios en el estado con una superficie afectada de 119 049 ha: 54.79% en pastos naturales, 38.29% en arbustos y matorrales, 5.25% en arbolado adulto y 1.68% en zonas de renuevo (cuadro 1). Durante el mismo periodo, a nivel nacional, se tuvieron 129 259 incendios forestales, con una superficie afectada de 4 674 186 ha, es decir, en Zacatecas ocurren 1.1% de los incendios forestales y la superficie afectada representa 2.5% del total nacional, por lo cual se percibe que el problema de los incendios forestales en el estado es bajo.

Durante el periodo comprendido entre 1998-2012, el número de incendios y la superficie afectada no presentaron una tendencia regular, sino que se observan picos en 2005, 2009 y 2011; en estos tres años ocurrieron la mayor cantidad de incendios, que en conjunto suman 538, con una superficie afectada de 78 757 ha y que representa 66.15% del total de la superficie afectada en el periodo mencionado (cuadro 1). Cabe observar que el año 2011 fue el de mayor afectación en superficie, con 42 279 ha (35.51%) del total del periodo, una cifra nunca antes vista en la entidad.

Serra-Ortiz, M.A. 2020. Incendios forestales. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 420-424.



Figura 1. Incendio forestal superficial en el municipio de Valparaíso. Foto: Óscar Villalpando.

Zonas de riesgo

Los recursos forestales más susceptibles de daños por incendios forestales son: a) los bosques de coníferas (como los bosques de pino) y los bosques de latifoliadas (como los bosques de encino), localizados al sureste del estado, en la región que comprende los municipios de Sombrerete, Chalchihuites, Jiménez del Teúl y Valparaíso; y b) la selva baja caducifolia localizada al sur del estado, en la zona conocida como “los cañones”, que comprende 17 municipios.

Causas de los incendios forestales

Muchos incendios forestales son parte natural de los ecosistemas y desempeñan un papel importante en su dinámica al incrementar la disponibilidad de los nutrientes que hay en el suelo (SEMARNAT 2013a). Sin embargo, y debido principalmente a las actividades humanas, se han modificado los patrones naturales del fuego, de tal manera que

actualmente los incendios forestales ocurren con mayor frecuencia e intensidad en zonas donde antes no se presentaban, mientras que en las zonas donde el régimen de fuego era periódico, actualmente ya no existen (SEMARNAT 2013a).

En Zacatecas, con base en los reportes de campo del personal de la delegación estatal de la CONAFOR, se estima que la mayor parte de los incendios forestales se debe a las actividades agropecuarias, como la quema de esquilmos agrícolas (figura 3), mientras que los incendios que se presentan en las áreas boscosas son provocados por los paseantes que las visitan.

Combate a incendios forestales

El combate a los incendios forestales en la entidad se lleva a cabo mediante la coordinación de diferentes sectores gubernamentales. Por el sector federal están la CONAFOR, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Ejército

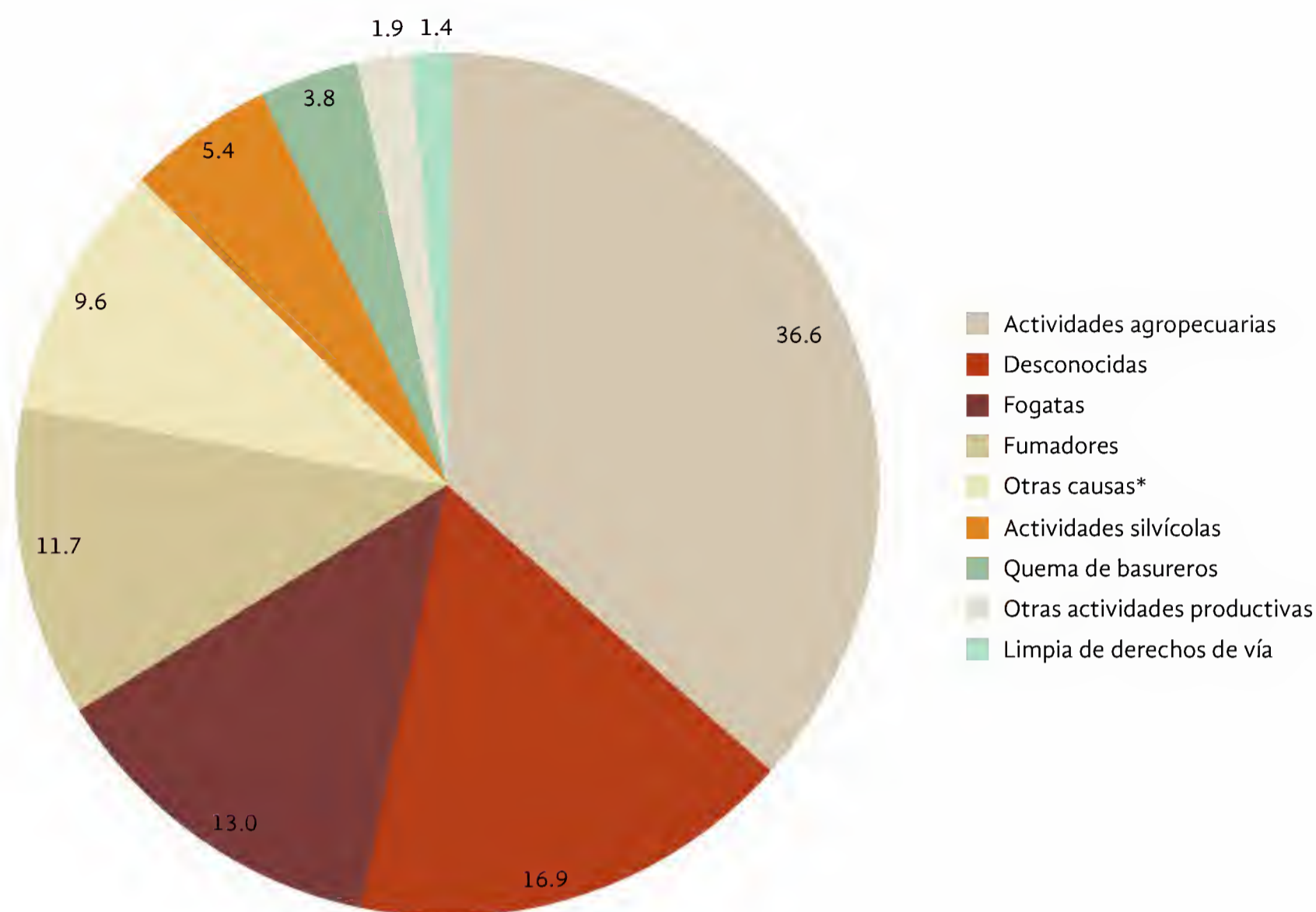


Figura 2. Causas (porcentaje) de los incendios forestales en México en 2011. * Incluye litigios, rencillas, aprovechamientos, cazadores furtivos, descargas eléctricas, cultivos ilícitos y ferrocarriles. Fuente: SEMARNAT 2013a.

Mexicano; en el ámbito estatal la competencia corresponde a la Secretaría del Campo (SECAMPO), antes Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), que según el artículo 29 fracción XXIV de La Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas le corresponde coadyuvar en el aprovechamiento racional de los recursos forestales, así como impulsar y contribuir en las labores de reforestación y en las de prevención y combate de incendios (Congreso del Estado 2016).

En lo que respecta al ámbito municipal, en algunas zonas del estado, como la región de los cañones (localizada entre los municipios de Jalpa y Juchipila), existen combatientes capacitados, mismos que se integran a la brigada de la CONAFOR existente en el municipio de Tlaltenango en calidad de concertados, es decir, que el sueldo de estos brigadistas proviene de los municipios en los que se presenta la mayor incidencia de incendios.

Otra instancia que interviene es la Dirección de Protección Civil municipal, que año con año son capacitados por personal de la CONAFOR en los meses previos a la temporada de incendios y cuya labor principal es la prevención de los mismos.

Además de las instancias oficiales existen brigadas voluntarias compuestas por ejidatarios y comuneros, así como las brigadas de protección civil y combate de incendios de empresas mineras, quienes reciben capacitación por parte de la CONAFOR.

Conclusiones y recomendaciones

En Zacatecas, durante los pasados 15 años, se han presentado en promedio 95 incendios forestales por año, con una afectación promedio anual de 7 936.60 ha; la mayor parte de estos (54.79%) afectó la vegetación de pastizal natural, seguida de la compuesta por arbustos y matorrales con 38.29% y solo 6.93% de superficies boscosas.

Cuadro 1. Número, superficie afectada y año de ocurrencia de los incendios forestales suscitados en el estado durante el periodo 1998-2012.

Año	Incendios forestales (núm.)	Superficie afectada (ha)					Superficie afectada/incendio (ha)
		Pastos naturales	Arbustos y matorrales	Renuevos	Arbolada	Total	
1998	102	2 546	1 127	0	997	4 670	45.78
1999	104	3 309	3 082	0	843	7 233	69.55
2000	100	2 564	1 430	0	1 343	5 337	53.37
2001	66	1 159	1 023	0	629	2 811	42.59
2002	34	1 129	670	0	208	2 007	59.03
2003	131	2 321	1 044	122	266	3 753	28.65
2004	138	1 617	967	5	18	2 607	18.89
2005	279	13 711	7 743	649	938	23 040	82.58
2006	65	1 754	972	99	148	2 972	45.72
2007	4	345	38	1	1	385	96.25
2008	7	439	656	41	56	1 192	170.29
2009	126	9 538	2 885	497	519	13 438	106.65
2010	52	1 044	607	49	0	1 700	32.69
2011	133	19 400	22 109	528	242	42 279	317.89
2012	90	4 347	1 227	13	39	5 625	62.50
Total	1 431	65 223	45 580	2 004	6 247	119 049	1 232.43
Prom	95.40	4 348.20	3 038.67	133.60	416.47	7 936.60	
%		54.79	38.29	1.68	5.25	100.00	

Fuente: SEMARNAT 2013b.

Si bien la vegetación del tipo pastizal natural es la que requiere menos tiempo para su regeneración en comparación con las superficies boscosas, es necesario considerar la importancia que esta tiene, ya que es el hábitat de numerosas especies de reptiles, aves y mamíferos, mismas que se ven afectadas por los incendios. La prevención y combate de los incendios es una tarea que corresponde a instancias de los tres niveles de gobierno (municipal, estatal y federal), así como de los dueños y poseedores de terrenos forestales. Por lo tanto, es necesaria una mayor coordinación entre los involucrados, así como su fortalecimiento, ya que no existen combatientes de incendios forestales de parte del gobierno del estado y, por el gobierno federal, las brigadas están presentes solo en tres municipios, a pesar de que se cuentan con 11 torres-campamento de detención de incendios forestales.

Asimismo, se hace patente la necesidad de crear brigadas voluntarias de combate a incendios forestales en los municipios de mayor incidencia de estos eventos, como lo son Tlaltenango, Florencia de Benito Juárez, Teúl de González Ortega, Chalchihuites y Valparaíso, mismos que deberán estar equipados con materiales y equipo necesarios, así como recibir capacitación por parte de la CONAFOR.

Sin embargo, el mayor reto que enfrenta la entidad es el de la prevención de incendios, para lo cual será necesario reforzar el programa de difusión de la NOM-015 (PROFEPA 1999), que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario, y que deberá hacerse extensivo a escuelas de nivel medio superior.



Figura 3. Residuos de aprovechamientos forestales en el municipio de Valparaíso. Foto: Óscar Villalpando.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *La biodiversidad en Aguascalientes. Estudio de Estado*. CONABIO/IMAE/UAA, México.
- CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. 2006. *Incendios forestales: guía práctica para comunicadores*. SEMARNAT, México.
- Congreso del Estado. 2016. *Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Zacatecas*. Publicada el 30 de noviembre de 2016 en el Periódico Oficial del Estado.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 1999. *Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGARPA-2007*. Publicada el 16 de enero de 2009 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 13 de septiembre de 2016.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. *Curso internacional de protección contra incendios forestales*. SEMARNAT/CONAFOR/U.S. Forest Service/USAID/FMCN, Jiutepec.
- . 2013a. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012*. En: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf>, última consulta: 30 de mayo de 2013.
- . 2013b. *Base de datos estadísticos-badesniarn*. En: <<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/badesniarn/Pages/badesniarn.aspx>>, última consulta: 30 de mayo de 2013.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Sección VI

**INSTRUMENTOS
PARA LA
CONSERVACIÓN
DE LA
BIODIVERSIDAD**

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Resumen ejecutivo

Instrumentos para la conservación de la biodiversidad

Daniel Hernández Ramírez

Entre las herramientas más efectivas para la conservación de la biodiversidad están las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), los ordenamientos ecológicos del territorio y las áreas naturales protegidas (ANP). Sin embargo, en Zacatecas, tan solo 8% del territorio se encuentra protegido bajo alguna categoría de ANP. Entre las ANP de competencia estatal se encuentran La Quemada, El Cedral y el Ecoparque Centenario (antes llamado Parque Ecológico Metropolitano), que en conjunto suman 0.82%; mientras que de competencia federal están el Parque Nacional Sierra de Órganos, las áreas de protección de recursos naturales Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 01, 043 y una porción de la 013, que suman 7.37% del territorio estatal.

A pesar de que el estado está cerca de la meta de contar con 10% del territorio protegido, las ANP del estado carecen de personal y recursos que las hagan operativas, lo que dificulta el cumplimiento de los objetivos de conservación; además, la mayoría no cuenta con planes de conservación y manejo. Sin embargo, la situación representa un panorama de oportunidad para la conformación de un sistema estatal de ANP bien consolidado y planeado a largo plazo.

Por ejemplo, se recomienda que la zona de distribución natural del pino azul (*Pinus maximartinezii*), especie endémica del municipio de Juchipila, específicamente de la localidad de Pueblo Viejo, sea un área natural protegida de carácter federal bajo la modalidad de área de protección de flora

y fauna, pues en este sitio se encuentra una población de esta especie en un área irregular y fragmentada de 2 712 ha. La deforestación, la ganadería, la recolección de semillas, además de incendios forestales, son las principales fuentes de presión no solo para la especie, sino para el ecosistema en conjunto, que es donde realmente se tiene el valor ambiental, el cual pudiera estar conformado por más de 600 especies de plantas vasculares y cerca de 80 especies de fauna, de las cuales 30% están consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Una opción viable para la conservación de los ecosistemas pueden ser los corredores bioculturales, que son un concepto nuevo de conservación de la biodiversidad y las manifestaciones culturales de una región. Por ello se plantea la propuesta de un corredor entre Aguascalientes, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Nayarit y San Luis Potosí, que vincule, con base en la participación social, los diferentes esquemas de conservación presentes en cada uno de los estados involucrados, como las ANP en sus diferentes categorías, sitios Ramsar, áreas de importancia para la conservación de aves (AICA), regiones terrestres prioritarias (RTP), sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (SPCB) y de importancia cultural, como sitios patrimonio de la humanidad, pueblos mágicos y sitios arqueológicos. Aunque el tamaño y la forma del corredor biocultural aún se está definiendo, se están considerando en el estado, además de las ANP federales y estatales, el sitio Ramsar San Juan de Ahorcados, la Ruta Huichola y los pueblos

Hernández-Ramírez, D. 2020. Resumen ejecutivo. Instrumentos para la conservación de la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 428-430.

mágicos de Pinos, Jerez, Teúl de González Ortega, Sombrerete y Nochistlán.

Por otro lado, queda de manifiesto la necesidad de realizar estudios que respalden los programas de conservación y manejo de la biodiversidad. Una nueva línea de conservación se refiere al análisis endocrinológico o de hormonas y ciclos de reproducción, el cual se ha usado específicamente con el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), para conocer parte de la etología de la especie y establecer periodos clave para el manejo de las poblaciones de acuerdo con las condiciones ambientales de cada región. Particularmente en Zacatecas, el periodo óptimo para la reproducción es de septiembre a marzo, cuando se incrementa la concentración de progesterona, por ello se propone la implementación de acciones en los tres órdenes de gobierno para monitorear el hábitat de la especie, así como la elaboración de calendarios cinegéticos acordes con la época y el sitio de aprovechamiento.

Un estudio más se realizó con las poblaciones silvestres de pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*), una especie de ave acuática residente, amenazada, endémica de México según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y poco conocida en cuanto a su biología y dinámica poblacional a pesar de ser una especie común. En él se analiza la relación entre la llegada de los patos y los bordos agrícolas, cuya presencia mantiene al ganado alejado, lo que favorece el arribo y permanencia de los patos y la conservación de los pastizales. También se pudo corroborar que las actividades ganaderas son incompatibles con el buen desempeño de los humedales, a menos que la ocurrencia del ganado en estos sitios esté restringida.

Asimismo, en esta sección se evalúa y describe la condición del pastizal mediano abierto, definido por la presencia de arbustos que dominan el paisaje (en México abarca 2.5 millones de hectáreas; 40% del territorio) y una fuente considerable de alimento para herbívoros, por lo que la ganadería extensiva se practica en 75% de su distribución. La problemática de este ecosistema se relaciona con

variables como tipo de suelo, comunidades vegetales, estructura faunística y precipitación pluvial, razón por la cual es vulnerable al mal manejo y en consecuencia al deterioro. Por ejemplo, el mantillo (la capa de materia orgánica en el suelo, altamente vulnerable) sufre una pérdida potencial de alrededor de 7 t/ha/año, lo cual claramente se ve reflejado en la baja productividad de los pastizales medianos abiertos. Las propuestas de gestión y manejo que se plantean para el pastizal mediano abierto giran en torno a los ajustes en la capacidad de carga, al rompimiento de la selectividad de especies apetecibles para el ganado, es decir, sin favorecer especies vegetales, a la elección de razas más adecuadas, al uso de ganado caprino y a la importancia de evaluar los predios cada año, antes de la incorporación del ganado.

Otro ejemplo de la necesidad de información que sustente los esfuerzos de conservación de especies clave es el que se relaciona con la reintroducción de más de 150 ejemplares de berrendo (*Antilocapra americana*) durante el periodo 2006-2007 en el municipio de Mazapil, debido a que en 2014 se registraron tan solo 44 ejemplares vivos. Los números reflejan graves carencias en el conocimiento del manejo de la especie, por lo que se requieren programas de divulgación, un seguimiento preciso por parte de las autoridades y un programa integral de gestión y manejo.

Un instrumento adicional para la conservación de la biodiversidad es la educación. En lo que respecta a aquella impartida formalmente, es decir, desde una institución educativa reconocida, con programas académicos establecidos y lineamientos muy bien definidos, en Zacatecas se ha trabajado en tres niveles: 1) jardín de niños, 2) primaria y 3) secundaria. Los temas abordados se relacionaron con la contaminación del agua, suelo y aire, pérdida de la biodiversidad, contexto ambiental local, enfermedades asociadas, deterioro de los ecosistemas y desarrollo sustentable, impartidos en combinación con la capacitación constante a docentes, así como esquemas de involucramiento de los alumnos, maestros y padres de familia; sin embargo,

ha habido poca continuidad en las propuestas y un bajo nivel de coordinación interinstitucional.

La educación ambiental en su modalidad no formal ha sido impulsada desde instituciones de gobierno, como la Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA) y el Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT), quienes a través de actividades lúdicas han dado a conocer aspectos relevantes de la biodiversidad en campamentos de verano, talleres y conferencias, además de la aportación bimestral en la revista *Eek*. Las organizaciones sociales han hecho lo propio con actividades que promueven la conciencia ambiental y el cuidado de la fauna en el estado, y la iniciativa privada, principalmente compañías mineras, desarrollaron el parque ecológico Mina Proaño, donde se imparten pláticas y visitas guiadas complementarias.

Una propuesta más de educación ambiental es el Museo Comunitario Parque Ecoturístico Zóquite, en Guadalupe, que es manejado por una asociación civil. Se enfoca en la recuperación del patrimonio cultural material e inmaterial bajo un esquema de sustentabilidad y aborda problemas como la erosión de suelos, contaminación y algunos aspectos de pérdida de flora y fauna de la región. En el lugar se han presentado muestras fotográficas y colecciones zoológicas, entre las que destaca la exhibición de los restos de un mamut encontrado en un arroyo cercano, que atrajo a más de 1 400 visitantes; asimismo, se han abordado charlas sobre cambio climático y biodiversidad. La iniciativa ha permitido identificar en la comunidad un marcado desinterés por temas relacionados con el patrimonio natural y cultural.

En el estado también se lleva a cabo, aunque de forma incipiente, difusión ambiental, que difiere de la educación ambiental porque se genera con fines de comunicación y carece de objetivos educativos. En este esquema, la radio, la televisión y la prensa han abordado temas esporádicos, como el águila real (*Aquila chrysaetos*) y el perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*), la destrucción de la capa de ozono, el reciclaje y la elaboración de compostas,

campañas de reforestación y limpieza de ciertos sitios, con los que han mantenido los contenidos ambientales vigentes entre la ciudadanía. Las instancias gubernamentales han llevado a cabo foros internacionales sobre cambio climático, conservación de águila real y el Año Internacional de la Biodiversidad (2010), además de concursos de dibujo y oratoria, murales con temas ecológicos y talleres dirigidos a jóvenes. Las universidades, particularmente la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), a través del Museo de Ciencias, han llevado a cabo pláticas de extensión sobre medio ambiente y biodiversidad, como el paisaje florístico de Zacatecas, anfibios y reptiles. En general, existe un rezago importante en cuanto a la difusión de temas ambientales en el estado y urgen esfuerzos que influyan en el ciudadano común.

En esta sección también se aborda la impresión que los zacatecanos tienen de la biodiversidad y los temas ambientales, en general, y se aportan referentes en niños en edad preescolar y en habitantes de la presa San Pedro Piedra Gorda, en Ciudad Cuauhtémoc. En el caso de los niños en edad preescolar, que son más receptivos al aprecio y amor por la naturaleza, se evaluó a 65 infantes entre los 5 y los 6 años, y se observó una relación positiva entre el nivel académico de los padres y el nivel de conocimientos relacionados con temas de biodiversidad, así como entre los conocimientos de biodiversidad y las pláticas extracurriculares. Si la trasmisión de conocimientos se hiciera de forma cotidiana los resultados serían por demás positivos.

En cuanto a la percepción de los habitantes de la presa San Pedro, sí conocen de algunas plantas y animales que son abundantes o comunes en la región, inclusive saben que algunas plantas son medicinales y están enterados que otras, como el laurel, tienen problemas de conservación, hecho que coincide con lo que señala la NOM-059-SEMARNAT-2010; además, identifican en su región como tópicos preocupantes para la biodiversidad la contaminación de suelos y los desechos a la atmósfera que emiten las ladrilleras.

Áreas naturales protegidas

Gustavo Cervantes González • Fabián Fernández Candelas • Santiago Valle Rodríguez
Daniel Hernández Ramírez

Las áreas naturales protegidas (ANP) se definen como zonas donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas, restauradas y están sujetas al régimen previsto en la ley; pueden ser áreas terrestres o marítimas (SEDUE 1998) de territorio mexicano sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Categorías de áreas naturales protegidas

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEDUE 1998), las ANP de carácter federal se clasifican en seis categorías principales de acuerdo a sus características fisiográficas, biológicas, socioeconómicas, objetivos y modalidades de uso. Se dividen en reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de flora y fauna, áreas de protección de recursos naturales y santuarios (cuadro 1). A nivel regional, de acuerdo con la Ley del Equilibrio y Protección al Ambiente del Estado de Zacatecas, las áreas de competencia estatal son: reservas ecológicas, parques estatales, monumentos naturales y sitios de conservación (cuadro 2).

El antecedente más remoto de un ANP en el estado es la declaratoria del cerro de la Bufa como Zona Protectora Forestal emitida por la federación el 18 de noviembre de 1937 (Congreso del Estado 1937). En 1981 se decretó bajo la misma categoría Sierra la Mojonera, la cual se estableció como ANP federal en 2000, el mismo año en el que se decretó Sierra de Órganos. En 2001 se decretaron de manera formal dos áreas de carácter estatal: la zona arqueológica La Quemada en el municipio de

Villanueva y El Cedral en el municipio de Cuauhtémoc. De igual forma, en años posteriores se decretaron la Ruta Huichola y el Parque Ecológico del Centenario de la Batalla de Zacatecas como ANP estatales. Todas estas áreas suman un total de 61 817.75 ha, que representan 0.82% de la superficie total del estado (figura 1, cuadro 3).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por su parte, aprovechó que el territorio zacatecano se encuentra ubicado en la confluencia de las cuencas alimentadoras de los distritos nacionales de riego (CADNR): 001 Pabellón y 043 Nayarit para, en el año 2006, incluir sus poligonales como ANP en las regiones de las sierras Fría y Valparaíso y Monte Escobedo. En 2009 se incluyó la sierra de Cardos en la categoría de área de protección de recursos naturales dentro del DNR 043 (CONANP 2006a, b, c). De esta manera, las ANP de carácter federal ocupan una superficie de 553 128.13 ha, equivalentes a 7.37% de la superficie total del estado (figura 2, cuadro 4).

Análisis de la situación de las ANP en el estado

A partir del 2006, el gobierno del estado (a través del Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas: IEMAZ) y el gobierno federal (por conducto de la CONANP) unieron esfuerzos para dar cumplimiento a los decretos de ANP emitidos tanto por la federación como por el estado. Se destinaron recursos por parte de la CONANP para la contratación de personal para la administración de la ANP Sierra Fría (Aguascalientes) y la sierra de Valparaíso, así como para que el IEMAZ realizara acciones de conservación de

Cervantes G., F. Fernández-Candelas, S. Valle Rodríguez y D. Hernández-Ramírez. 2020. Áreas naturales protegidas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 431-436.

Cuadro 1. Categorías de áreas naturales protegidas federales.

Categoría	Descripción
Reserva de la biosfera	Son áreas que representan uno o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados. Alojan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo las consideradas endémicas o bajo alguna categoría de protección
Parque nacional	Se constituyen por áreas con uno o más ecosistemas que contengan flora y fauna, belleza escénica, valor científico, histórico, educativo y de recreo; así como por su aptitud para el desarrollo del turismo y otras actividades relacionadas
Monumento nacional	Áreas con uno o varios elementos naturales que su por carácter único (valor estético, histórico o científico) se incorporan a un régimen de protección absoluta. No tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otra categoría de manejo
Área de protección de recursos naturales	Son áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos de aptitud preferentemente forestal
Área de protección de flora y fauna	Son áreas que contienen los hábitats de cuya preservación dependen la existencia y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres
Santuario	Áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitats de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas y otras unidades topográficas o geográficas

Fuente: SEDUE 1998.

Cuadro 2. Categorías de áreas naturales protegidas estatales.

Categoría	Descripción
Reserva ecológica	Áreas representativas con uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción humana o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies típicas de la biodiversidad nacional y estatal, incluyendo especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción
Parque estatal	Áreas de gran belleza escénica con valor científico, histórico, educativo y de recreo; aptas para el desarrollo del turismo. Solo se permiten actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna, la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, la investigación, recreación, turismo y educación ecológica
Monumento natural	Áreas con uno o varios lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional (interés estético, valor histórico o científico) requieren ser protegidos. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas como para ser incluidos en otra categoría de manejo
Sitio de conservación	Áreas que contienen muestras de ecosistemas, o flora y fauna silvestres de gran valor natural, no alteradas o poco alteradas. Dichas áreas generalmente no representan valores escénicos o recreativos sobresalientes, pero mantienen formas de vida vulnerables y una alta diversidad biológica

Fuente: IEMAZ 2011.

suelos, elaboración de diagnósticos para la preservación y conservación de los ecosistemas, y la generación de programas y proyectos para la conservación y protección de especies con algún tipo de estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 dentro de las ANP. Además, se destinaron recursos para la elaboración del estudio previo justificativo del cerro de la Bufo, así como recursos para programas de monitoreo de especies prioritarias como el águila real, que tiene un sitio de anidación en la sierra Fría.

Las directrices que el gobierno del estado plasmó en el Plan estatal de desarrollo 2010-2016 incluyen acciones para la conservación de los recursos naturales a través de la creación de áreas naturales protegidas, poniendo como meta sexenal proteger al menos 10% del total de la superficie del estado. A la fecha se cuenta con un total de 614 945.88 ha, que corresponden a 8.19%; faltan 1.81% para cumplir con la meta (cuadros 3 y 4).

Actualmente está en proceso el decreto de una ANP de carácter federal en una superficie

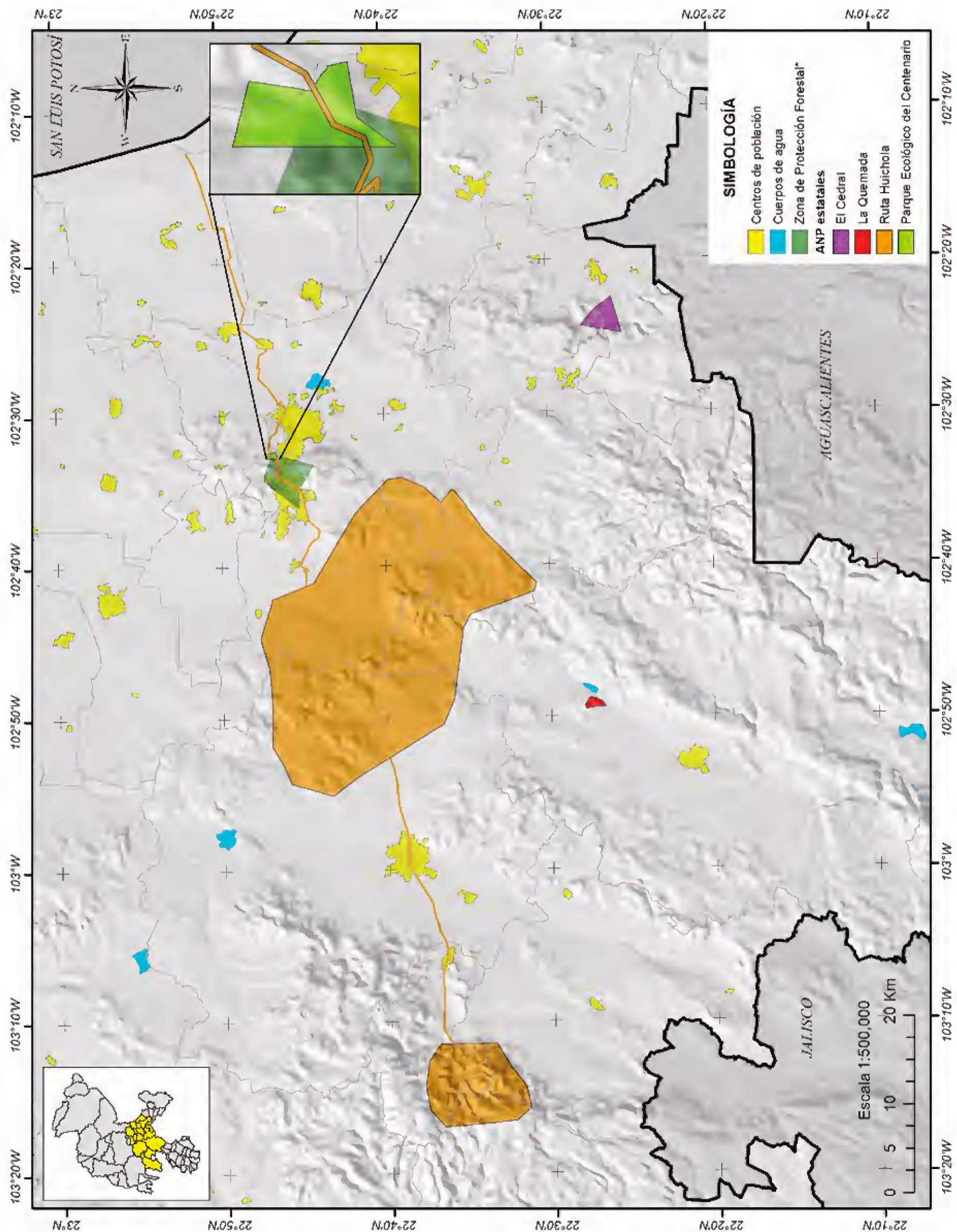


Figura 1. Áreas naturales protegidas de carácter estatal. * Se incluye el antecedente de la Zona de Protección Forestal; actualmente no es un ANP estatal. Fuente: elaboración con base en CONABIO 2015.

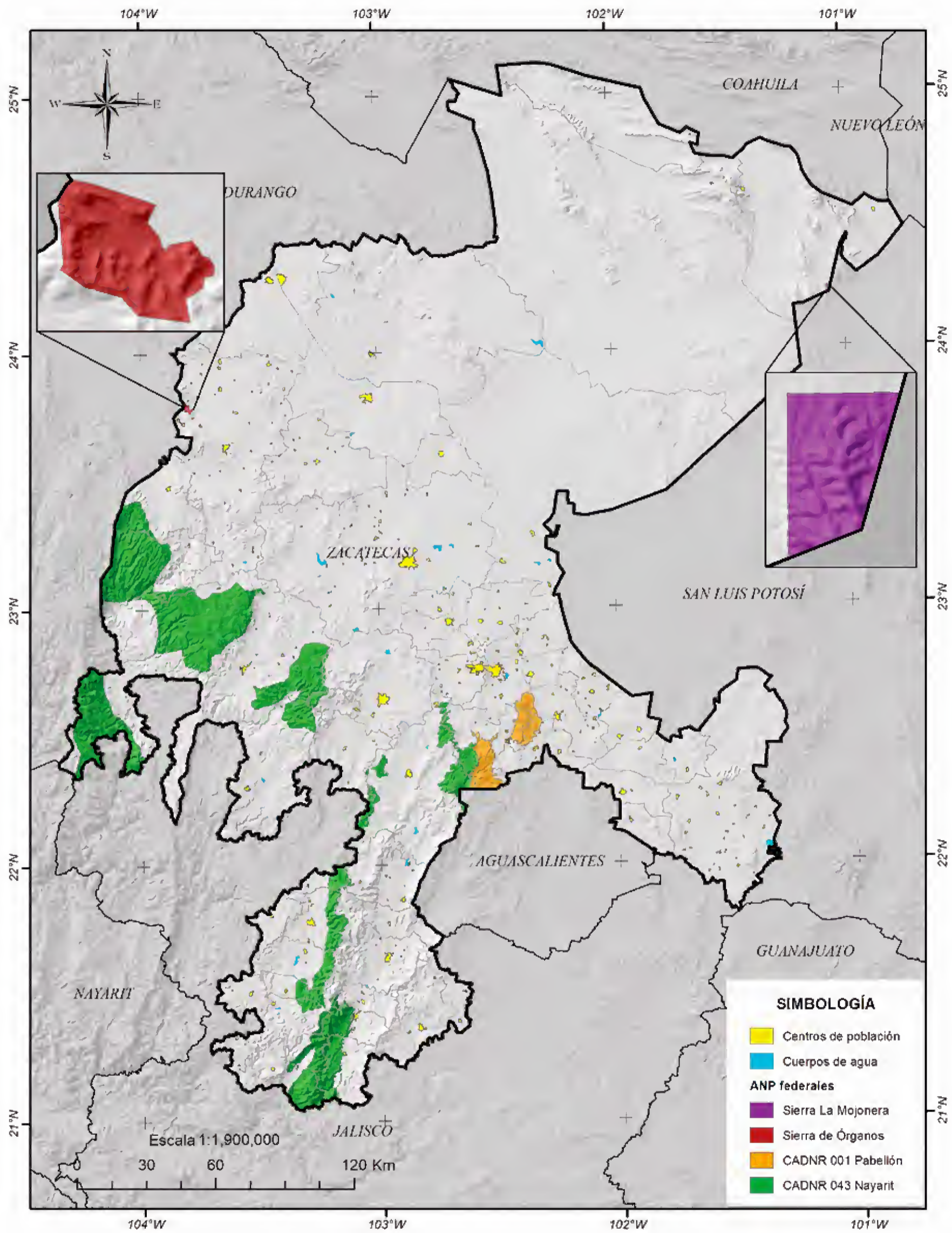


Figura 2. Áreas naturales protegidas de carácter federal. Fuente: elaboración con base en SEMARNAT y CONANP 2017.

Cuadro 3. Áreas naturales protegidas de carácter estatal.

Categoría	Nombre	Municipios incluidos	Año de creación	Objetivo de conservación	Superficie (ha)
Parque estatal	El Cedral	Cuauhtémoc	2001	Bosque de encino, de táscate, matorral crasicaule, matorral espinoso y pastizal	1 000.00
	La Quemada	Villanueva	2001	Preservación de zona arqueológica	217.75
	Ruta Huichola	Susticacán, Jerez, Villanueva, Zacatecas y Guadalupe	2009	Área de recarga de mantos acuíferos. Preservación de rutas de alto valor étnico	60 500.00
	Parque Ecológico Metropolitano	Zacatecas, Guadalupe y Vetagrande	2012	Microcuenca de preservación con sitios de reproducción de <i>Ambystoma rosaceum</i> , y <i>Crotalus</i> spp.	100.00
Total					61 817.75

Fuente: CONABIO 2015.

Cuadro 4. Áreas naturales protegidas de carácter federal.

Categoría	Nombre	Municipios incluidos	Año de creación	Objetivo de conservación	Superficie (ha)
Área de protección de flora y fauna	Sierra La Mojonera	Concepción del Oro	2000	Conservación de ecosistemas en buen estado (servicios ambientales) y distribución de especies en riesgo y prioritarias	648.54
Parque nacional	Sierra de Órganos	Sombrerete	2000	Preservación del paisaje natural de ignimbritas	1 124.78
Área de protección de los recursos naturales	Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 001 Pabellón	Cuauhtémoc, Genaro Codina, Guadalupe, Ojocaliente, Villanueva	2002	Conservación de la cuenca y preservación y conservación de sitios de anidación de águila real	39 086.40
	Cuenca Alimentadora del Distrito de Riego 043 Nayarit	Apozol, Apulco, Atolinga, Benito Juárez, Chalchihuites, Cuauhtémoc, El Plateado de Joaquín Amaro, Genaro Codina, Huanusco, Jalpa, Jerez, Juchipila, Mezquital del Oro, Momax, Moyahua de Estrada, Nochistlán de Mejía, Santa María de la Paz, Tabasco, Tepechitlán, Tepetongo, Teul de González Ortega, Tlaltenango de Sánchez Román, Trinidad García de la Cadena y Villanueva	2002	Conservación de la cuenca y preservación y conservación de sitios de anidación de águila real	484 790.55
Total					525 650.27

Fuente: SEMARNAT y CONANP 2017.

de aproximadamente 2.5 millones de hectáreas en el desierto zacatecano, en los municipios de Concepción del Oro, El Salvador, Mazapil y Villa de Cos. Esta zona presenta un alto endemismo de cactáceas y, desde 2006, ha sido incluida en un programa

de reintroducción del perrito llanero (*Cynomys mexicanus*), especie que se extinguió de Zacatecas en la década de los cuarenta. A dos años de la reintroducción se logró la estabilización de la colonia y se ha observado un aumento en la población.

Conclusiones y recomendaciones

En Zacatecas faltan muchas acciones en materia de protección, preservación y conservación de los recursos naturales y biodiversidad; tanto en conservación de suelos como de fauna, flora y agua en nivel de cuencas. Aunque ha existido poco interés de los distintos sectores de la sociedad, el actual Plan estatal de desarrollo (2010-2016) ya contempla acciones importantes para la conservación de la biodiversidad del estado, entre ellas, en materia de ANP, se mencionan:

- Destinar recursos para elaborar el plan de manejo de las ANP tanto estatales como federales, ya que solo el Parque Nacional Sierra de Órganos cuenta con plan de manejo (esta acción es de suma importancia y urgente).
- Destinar recursos estatales para la contratación de personal para la administración y manejo de cada ANP estatal y aumentar su infraestructura.
- Juntar recursos con la federación para que las acciones de administración, manejo y equipamiento de las ANP sean más eficaces.

Referencias

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2015. *Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales y Privadas de México*. CONABIO, México
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006a. *Memoria técnica de cálculo de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit*. CONANP, México.
- . 2006b. *Memoria técnica de cálculo de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón*. CONANP, México.
- Congreso del Estado. 1937. *Decreto que declara Zona Protectora Forestal de la ciudad de Zacatecas, la porción de terrenos que el mismo limita*. Publicado el 18 de noviembre de 1937 en el Diario Oficial de la Federación.

- Crear programas de difusión y promoción de las ANP zacatecanas que promuevan una cultura de conservación y sustentabilidad a través de todos los medios de comunicación (tanto escritos como electrónicos).

- Generar programas que capaciten a la población de las comunidades que están involucradas dentro de las ANP para el desarrollo de alternativas económicas dentro de un marco de sustentabilidad y respeto por la naturaleza, con la finalidad también de aumentar su nivel de vida. Esto permitiría disminuir el alto índice de migración que existe en el estado.

- Generar nuevas políticas que deriven en estrategias eficaces y acordes a las necesidades de la población y que al mismo tiempo conserven los recursos naturales de los que depende la sociedad.

- Generar protocolos de monitoreo para cada especie prioritaria y en algún tipo de estatus de protección, con indicadores que permitan tomar decisiones para promover la recuperación en el tamaño de sus poblaciones y los ecosistemas que habitan.

IEMAZ. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. 2011. *Banco de datos interno del IEMAZ*. Zacatecas (impreso).

SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1998. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 5 de noviembre de 2013.

SEMARNAT y CONANP. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2017. *Áreas Naturales Protegidas Federales de México*. Noviembre 2017. SEMARNAT/CONANP, México.

Estado y conservación del pino azul (*Pinus maximartinezii*) en la sierra de Juchipila

Raúl René Ruiz Garduño • Juan Carlos Ledesma Mares • Miguel Márquez Madrid
Ricardo David Valdez Cepeda • Fidel Blanco Macías • Fabián Fernández Candelas
Daniel Hernández Ramírez

El pino azul (*P. maximartinezii*) es una especie endémica de México que se encuentra en peligro de extinción (SEMARNAT 2010). Se trata de una conífera muy atractiva con características muy particulares: sus hojas son de color azul verdoso, razón por la que recibe ese nombre común; sus conos o estróbilos (llamados localmente piñas) pueden pesar más de 2 kg y el tamaño de sus semillas (piñones) puede ser mayor a los 25 mm (figura 1; Rzedowski 1964, Briones Flores 1989).

Cabe destacar que en esta especie los árboles de más de 9 m de altura tienen una edad de por lo menos 220 años (Passini 1985).

Aunque recientemente se reportó una nueva población en estado silvestre al sur del estado de Durango (González Elizondo *et al.* 2011), el pino azul se desarrolla principalmente en Zacatecas, en el cerro de los Piñones y áreas circunvecinas de la parte oriente de la comunidad de Pueblo Viejo, en el municipio de Juchipila (figura 2). En esta región



Figura 1. Comparación de tamaño entre un estróbilo o cono de pino azul y sus semillas. Foto: Fabián Fernández Candelas.

Ruiz-Garduño, R.R., J.C. Ledesma Mares, M. Márquez-Madrid, R.D. Valdez-Cepeda, F. Blanco-Macías, F. Fernández-Candelas y D. Hernández-Ramírez. 2020. Estado y conservación del pino azul (*Pinus maximartinezii*) en la sierra de Juchipila. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 437-440.

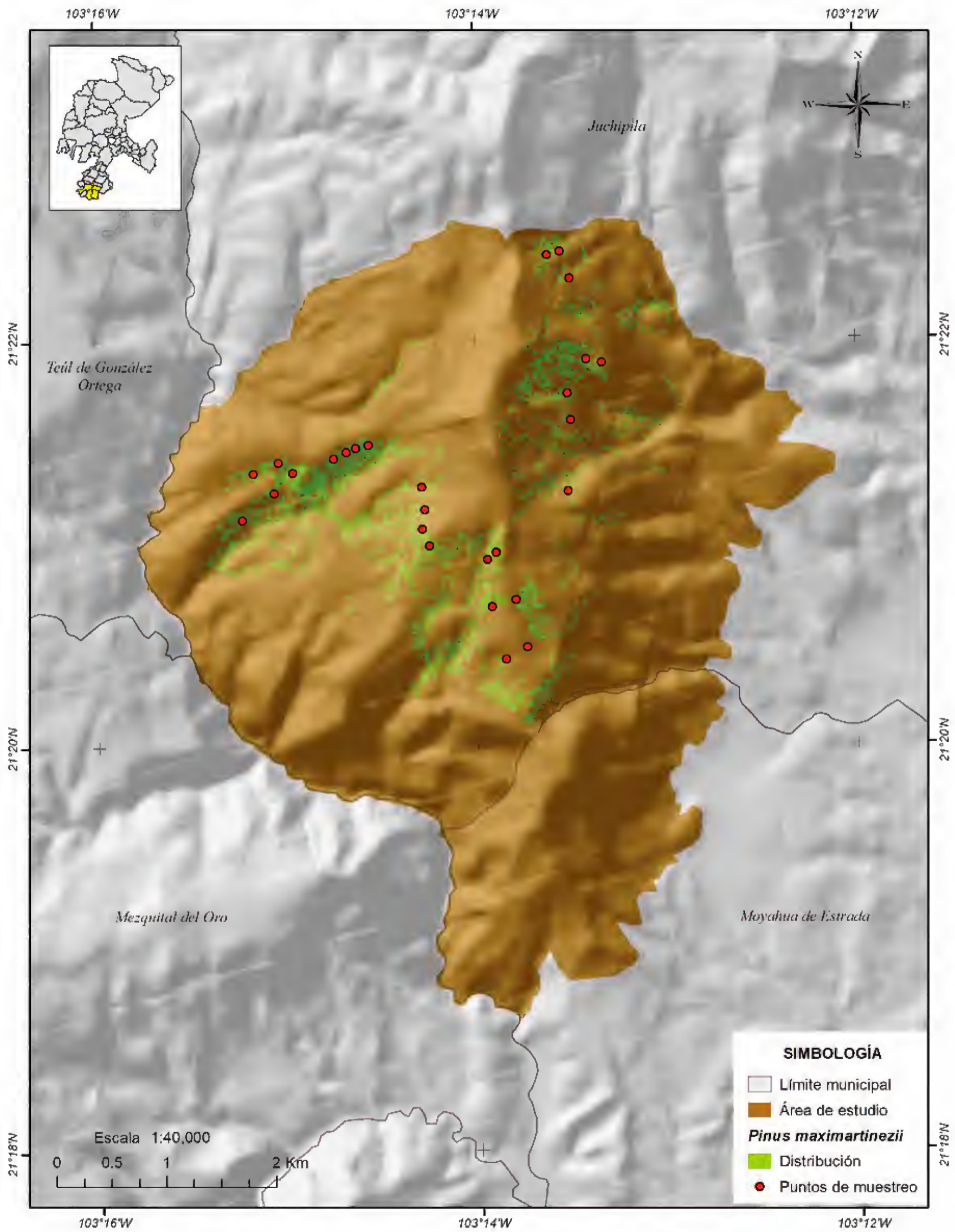


Figura 2. Distribución actual de pino azul en el estado. Fuente: elaboración con base en CRUCEN 2006.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

predomina el clima semicálido-cálido subhúmedo, se distribuye entre los 1 700 y los 2 540 msnm y se asocia al bosque de *Quercus* (encinos), bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio y a matorral espinoso e inerme (Balleza Cadengo 2000).

Durante un estudio realizado en 2006 por el Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN) de la Universidad Autónoma Chapingo en Zacatecas, se determinó que, en el cerro de los Piñones, el pino azul se distribuye de manera fragmentada e irregular sobre una superficie de tan solo 2 712 ha y que presenta individuos de tamaño variable que no superan los 10 m de altura (CRUCEN 2006).

En el estado, esta especie presenta una distribución reducida y baja abundancia, debido principalmente a la deforestación en 80% de su territorio ocasionada por el cambio de uso de suelo hacia la agricultura (López Mata 1999). La población de pinos que no fueron eliminados y que han logrado sobrevivir es muy baja y se localizan únicamente sobre las cañadas, en márgenes de arroyos y sobre terrenos con pendientes fuertes, donde las condiciones del terreno imposibilitaban practicar la agricultura (Villaseñor y Espinosa 1998).

Los pocos ejemplares de pino que prevalecen están sometidos a fuertes presiones, principalmente por el ganado que se alimenta de los renuevos y compacta el suelo la mayor parte del año; así como por los incendios forestales y la recolección de semillas que se realiza de forma indiscriminada en algunos predios. Sin embargo, durante el estudio de 2006 por parte del CRUCEN, se hallaron

ejemplares de menos de 2 m de altura en densidades de hasta 358.2 individuos por hectárea, lo que indica la recuperación natural de esta especie, la cual puede continuar si se reducen las presiones a las que está sometida. A este respecto es importante considerar que para mantener estable la población de pino azul es suficiente permitir que germine 1% de la semilla (Passini 1985).

Por lo anterior, se recomienda que el área de distribución natural del *Pinus maximartinezii* y sus inmediaciones (5 mil hectáreas) sean consideradas como una área natural protegida de carácter federal bajo la modalidad de área de protección de flora y fauna, en la que se realice manejo silvopastoril, regulación del mercado de semilla del pino azul y el establecimiento de un programa de pago por servicios ambientales con énfasis en la biodiversidad. En esta tarea es indispensable la participación de las instancias gubernamentales vinculadas al desarrollo y a la protección del medio ambiente, los gobiernos municipales de Juchipila y Moyahua y de los propietarios de los terrenos donde se desarrolla la especie. Cabe mencionar que con la protección del pino azul también se lograrán resguardar hasta 639 especies de plantas vasculares que habitan en el área (Balleza Cadengo 2000), así como 85 especies de fauna, de las cuales, 26 (30.5%) se encuentran en alguna categoría de riesgo, como la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*) y la guacamaya verde (*Ara militaris*), ambas consideradas en peligro de extinción (SEMARNAT 2010) y que se alimentan en parte de las semillas del pino azul (CRUCEN 2006).

Referencias

Balleza Cadengo, J.J. 2000. *Flora del Cerro de Piñones, Juchipila, Zacatecas, México*. Informe final CONABIO, proyecto L114. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.

Briones Flores, L.A. 1989. *Contribución al conocimiento ecológico de Pinus maximartinezii Rzed.* Tesis profesional, Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara.

CRUCEN. Centro Regional Universitario Centro Norte. 2006. *Estado y conservación del pino azul (Pinus maximartinezii Rzed.) y sus especies asociadas en la sierra de Juchipila, Zacatecas*. Informe final. Centro Regional Universitario Centro Norte-Universidad Autónoma Chapingo, Zacatecas.

González Elizondo, M., M.S. González Elizondo, L. Ruancho González y M. Molina Olvera. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. *Acta Botanica Mexicana* 96:33-48.

López Mata, L. 1999. *Regeneración, crecimiento y dinámica poblacional del pino azul Pinus maximartinezii* Rzedowski. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. H140. Colegio de Postgraduados, México.

Passini, M.F. 1985. Structure et régénération des formations ligneuses á *Pinus maximartinezii* Rzed., Mexique. *Bulletin Société Botanique de France* 32:327-339.

Rzedowski, J. 1964. Una especie nueva de pino piñonero del estado de Zacatecas (México). *Ciencia* 23:17-20.

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. Texto vigente.

Villaseñor, J.L. y F.J. Espinosa. 1998. *Catálogo de malezas de México*. UNAM/FCE, México.



DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

El corredor biocultural del centro occidente de México: un esfuerzo de cooperación interestatal para la conservación de la biodiversidad

Oscar Báez Montes

La conservación de la biodiversidad debe planearse buscando el equilibrio y la permanencia no solo de los aspectos biológicos de un sitio, sino también tomando en cuenta los diversos factores que determinan su biodiversidad (geoformas, hidrología, climas, suelos) y que se manifiestan en diferentes actividades económicas, sociales y políticas, entre otras (Toledo 2005). De esta manera, el propósito de la conservación no es únicamente preservar los tipos de vegetación naturales, las especies o los paisajes de alto valor escénico, sino también los servicios ecosistémicos que brindan (Challenger 2001).

Zacatecas se inserta dentro de la región centro occidente del país, donde comparte territorio con los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y San Luis Potosí. Estas entidades, que representan 17.24% del territorio nacional, han conformado una alianza para fomentar en conjunto la conservación de sus ecosistemas, especies y genes, considerando que los sistemas biológicos no son entidades cerradas determinadas por límites geopolíticos; asimismo, mediante este esfuerzo se pretende impulsar, difundir y conservar las expresiones culturales que se manifiestan en cada una de las entidades.

Este capítulo tiene por objeto dar a conocer los alcances de la propuesta regional de conservación denominada “Corredor biocultural del centro occidente de México” (en adelante corredor

biocultural), de la cual forma parte el estado de Zacatecas junto con las otras entidades antes mencionadas (figura 1).

Acuerdo interestatal

En el marco de los festejos de la Semana Nacional por la Conservación, el 29 de octubre de 2012, representantes de los gobiernos de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas, firmaron un acuerdo de colaboración para la creación del corredor biocultural con el propósito de establecer los mecanismos de coordinación interestatal y la unión de esfuerzos, capacidades y recursos para conservar y manejar sustentablemente la diversidad biocultural de dichos estados (figura 2). El término de diversidad biocultural, acuñado en el acuerdo de colaboración, se refiere a las relaciones multidimensionales y complejas que integran un territorio, donde la historia geológica se mezcla con la historia social y regional, y donde las especies y sus genes comparten hábitats y ecosistemas.

Cabe mencionar que este instrumento se relaciona con el proceso de las Estrategias Estatales de Biodiversidad, promovido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el cual busca la articulación de políticas públicas para la conservación y uso sustentable de los recursos bioculturales en y desde las entidades del país (CONANP *et al.* 2012). Otro de los pilares

Báez-Montes, O. 2020. El corredor biocultural del centro occidente de México: un esfuerzo de cooperación interestatal para la conservación de la biodiversidad. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 441-448.

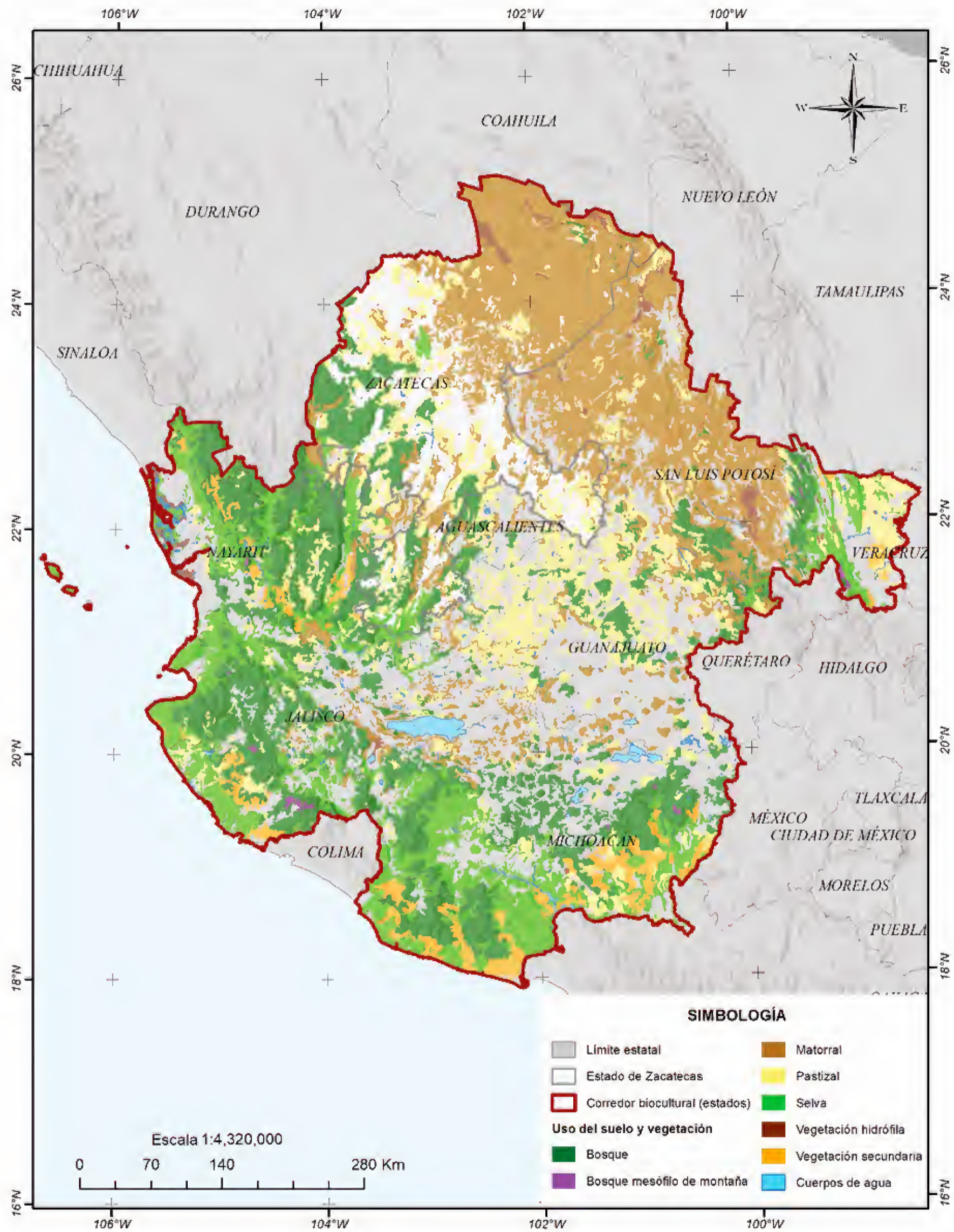


Figura 1. Entidades federativas que conforman el corredor biocultural y los tipos de vegetación presentes en ellas. Fuente: elaboración con base en INEGI *et al.* 2008.



Figura 2. Evento en el que se firmó el acuerdo interestatal para la conformación del corredor biocultural. Foto: Héctor Ávila Villegas.

de este acuerdo es la participación ciudadana en la toma de decisiones y en la implementación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable (CONANP *et al.* 2012).

¿Qué busca proteger el corredor biocultural?

El corredor biocultural incluye a los diversos ecosistemas y tipos de vegetación que están presentes en los siete estados que lo conforman. Asimismo, este corredor busca incluir los distintos esquemas de conservación de la biodiversidad que actualmente se están implementando en los estados participantes, los cuales

incluyen: 1) las áreas naturales protegidas (ANP) federales y estatales en sus diferentes categorías, 2) los humedales de importancia internacional (sitios Ramsar), 3) las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA), 4) las regiones terrestres prioritarias (RTP), 5) los sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (SPCB), señalados por su relevancia para la conservación de distintos recursos biológicos, y 6) los sitios de importancia cultural declarados patrimonio de la humanidad, pueblos mágicos y sitios arqueológicos. Es importante destacar que el polígono que delimitará a este corredor se encuentra aún en proceso de elaboración.

En el cuadro 1 se muestra la superficie de los tipos de vegetación primaria y secundaria (áreas perturbadas) presente en cada estado del corredor biocultural, lo que corresponde a un total de 214 281 km², es decir, 17.24% del territorio nacional.

Por otra parte, con información de la CONABIO y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) se identificaron en el corredor biocultural 35 ANP de carácter federal, 75 ANP estatales, 29 sitios Ramsar, 32 AICA, 25 RTP, 423 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (SPCB), 28 pueblos mágicos y ocho sitios como patrimonio cultural o natural de la humanidad (cuadro 2).

Cuadro 1. Superficie (km²) de los tipos de vegetación por entidad presentes en el corredor biocultural.

Estado	Bosques	Selvas	Vegetación de zonas áridas	Vegetación hidrófila y halófila	Áreas perturbadas	Total
Aguascalientes	654.47	0.00	809.25	0.00	431.90	1 896
Guanajuato	3 946.69	181.41	4 974.59	16.06	1 275.79	10 395
Jalisco	19 419.18	10 883.89	5 157.52	74.68	12 850.93	48 386
Michoacán	15 404.93	10 622.34	2 367.39	111.07	13 558.78	42 065
Nayarit	7 842.37	4 875.80	0.00	437.44	6 783.85	19 939
San Luis Potosí	4 548.52	3 671.92	34 285.94	1 093.89	3 424.70	47 025
Zacatecas	9 990.29	1 039.21	29 671.14	598.64	3 276.79	44 576
Total	61 806.45	31 274.57	77 265.83	2 332.78	41 602.74	214 281

Fuente: INEGI 2011.

Cuadro 2. Síntesis de los instrumentos de conservación que actualmente existen en la región centro-occidente de México.

Estado	ANP federales	ANP estatales	Sitios Ramsar	AICA	RTP	SPCB	Patrimonio natural y cultural de la humanidad	Pueblos mágicos
Aguascalientes	2	2	1	1	1	9	1	2
Guanajuato	2	23	2	4	6	31	3	5
Jalisco	11	2	13	6	7	80	3	5
Michoacán	11	32	9	9	6	49	2	8
Nayarit	5	2	3	6	4	57	0	1
San Luis Potosí	6	12	1	6	7	105	1	2
Zacatecas	4	4	1	4	5	92	2	5
Total	35*	77	29*	32*	25*	423*	8*	28

* Las cifras varían en el total debido a que dos o más entidades comparten territorio en sus instrumentos de conservación. Fuente: Arriaga *et al.* 2000, CONABIO *et al.* 2007, Bezaury-Creel *et al.* 2009, CONANP 2012, 2013, CONABIO 2013, 2015, SECTUR 2013, UNESCO 2013a, c.

Zacatecas en el marco del corredor biocultural

Zacatecas cuenta con una superficie de 74 479.7 km²; colinda hacia el sur con los estados de Jalisco, Aguascalientes y San Luis Potosí, quienes también forman parte del corredor biocultural (figura 1). Con base en información del uso del suelo del 2004, se determinó que en Zacatecas están representados los siguientes ecosistemas: vegetación propia de zonas áridas (66%), bosques (22%), selvas (2%) y vegetación hidrófila y halófila (aquella que soporta condiciones de abundancia de agua o sales, respectivamente; 1%), mientras que las áreas con vegetación secundaria representan 7% del territorio estatal, lo que da un total de 44 576 km² (INEGI 2011; figura 1). Esta superficie representa 20.8% del territorio del corredor biocultural (cuadro 1).

En Zacatecas hay cuatro ANP federales decretadas: 1) Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043, que cubre parte de la sierra Fría, la sierra de Morones y las cadenas montañosas que se continúan hacia Jalisco y Nayarit; 2) Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001, que cubre la otra porción de la sierra Fría, principalmente; 3) Sierra de Órganos, ubicada al oeste de la entidad; 4) Sierra La Mojonera, ubicada al noreste en el municipio de Concepción del Oro y que se comparte con San Luis Potosí (figura 3).

En lo que respecta a las ANP estatales se cuenta con los parques estatales El Cedral y La Quemada, ubicados en los municipios de Ciudad Cuauhtémoc y Villanueva, respectivamente, la Ruta Huichola y el Parque Ecológico del Centenario De la Batalla de Zacatecas (véase “Áreas naturales protegidas” en esta misma obra). Cabe destacar que en Zacatecas aún no existen ANP municipales.

De los 29 sitios Ramsar presentes en el corredor biocultural, solo uno se localiza en Zacatecas: el lago de San Juan de los Ahorcados, en el municipio de Gral. Francisco R. Munguía (CONANP 2013). En cuanto a las AICA, en Zacatecas existen cuatro: Sierra de Valparaíso; Sierra Fría, que se comparte con Aguascalientes; Monte Escobedo compartida con Jalisco; Sierra de Órganos que se extiende a Durango; y Pradera de Tokio compartida con Nuevo León y Coahuila.

Por otra parte, en Zacatecas se han identificado cinco RTP: 1) Sierra de Morones, localizada al sur de la entidad y la única que se encuentra completamente en el estado, puesto que las demás comparten territorio con entidades federativas vecinas; 2) Sierra Fría que se divide con Aguascalientes; 3) Cuenca del río Jesús María, con una pequeña porción ubicada en el municipio de Valparaíso y que se extiende hacia Jalisco, Nayarit y Durango; 4) Sierra de Órganos ubicada en los municipios de Sombrerete y Miguel Auza y que se

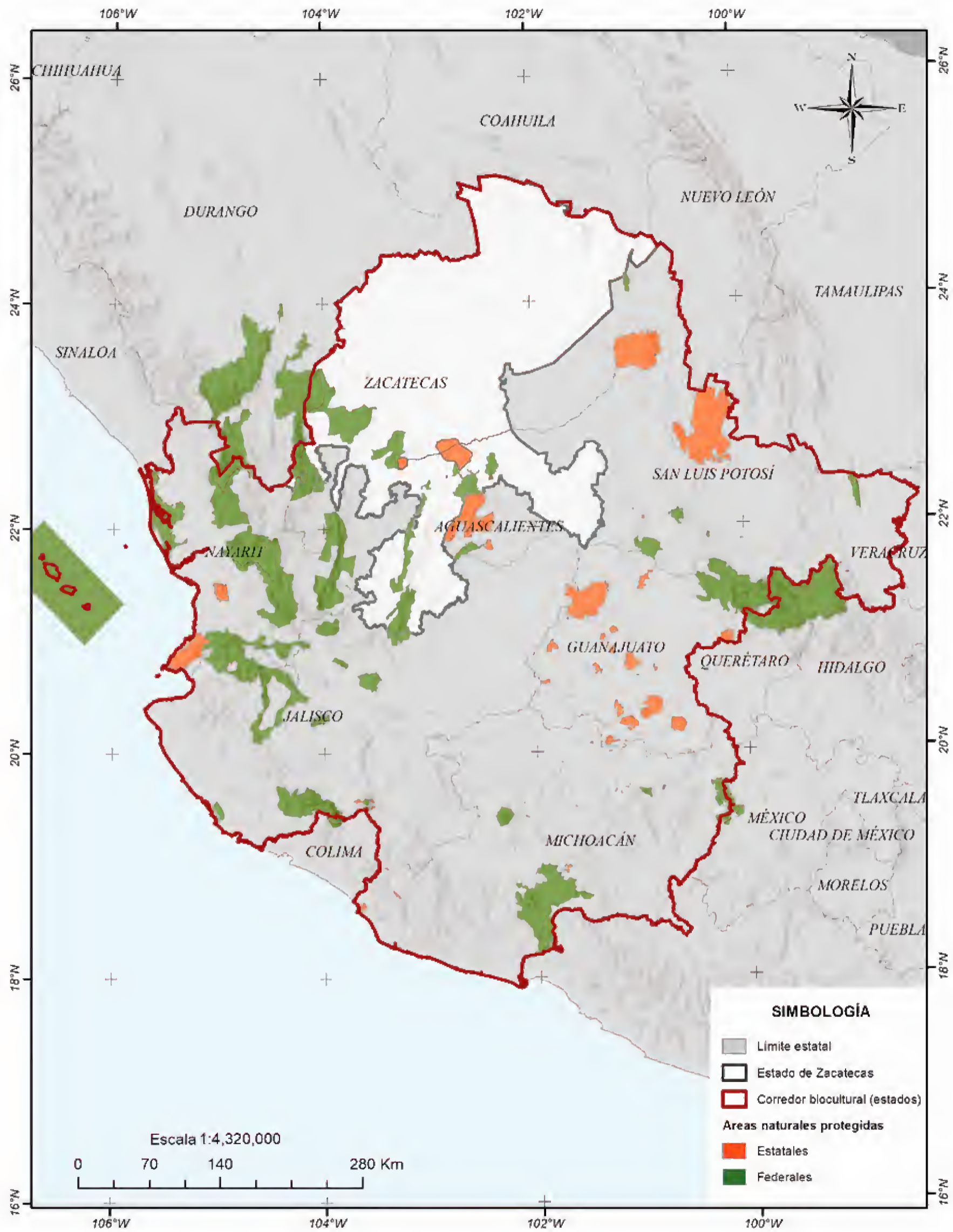


Figura 3. Áreas naturales protegidas en el corredor biocultural. Fuente: Bezaury-Creel *et al.* 2009, CONANP 2012, CONABIO 2015.

comparte con Durango, y 5) Tokio, ubicada en el municipio de El Salvador y que se continúa hacia San Luis Potosí, Nuevo León y Coahuila (Arriaga *et al.* 2000).

En la entidad se encuentran 92 de los 423 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (SPCB) presentes en el territorio del corredor biocultural (cuadro 2). De estos, 61% son de prioridad alta, 35% de prioridad media y 4% de prioridad extrema (figura 4). Se identifica la ausencia de instrumentos de conservación sobre los SPCB de las elevaciones semiáridas meridionales que se encuentran en los municipios de Gral. Francisco R. Murguía y río Grande al noroeste; en el centro, en una franja que se prolonga sobre los municipios de Zacatecas, Jerez, Guadalupe y Trancoso, y en las selvas cálidas secas de los municipios de Villanueva, Tabasco y el Plateado de Joaquín Amaro (figura 4).

Además de los elementos biológicos relevantes y ecosistemas prioritarios, Zacatecas comparte con las demás entidades diversos elementos de relevancia cultural. De acuerdo con la Convención para la Protección del Patrimonio Cultural y Natural, que forma parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO 2013a), en Zacatecas existen dos de los ocho sitios considerados patrimonio mundial que están presentes en el corredor biocultural y de los 31 que hay en el país: el centro histórico de la ciudad de Zacatecas y el Camino Real de Tierra Adentro, una ruta que comunicaba y facilitaba el enlace entre los dominios de la corona española desde la Ciudad de México hasta Chihuahua (UNESCO 2013b).

Existen expresiones inmateriales que forman parte de la cultura y que se manifiestan dentro del territorio del corredor biocultural. Algunas fueron designadas como patrimonio cultural inmaterial de la humanidad, entre las cuales en Zacatecas se manifiestan las fiestas indígenas dedicadas a los muertos y el mariachi, música de cuerdas, canto y trompeta (UNESCO 2013c).

Finalmente, en el corredor biocultural se incluyen 28 pueblos mágicos, de los cuales cinco están presentes en Zacatecas: Jerez de García Salinas, Teúl de González Ortega, Sombrerete, Pinos y Nochistlán (cuadro 2). A través de ellos se pretende generar sinergias para fortalecer el turismo aprovechando las singularidades de los sitios, como pueden ser atractivos naturales, paisajísticos, festividades, tradiciones, artesanías o su gastronomía (SECTUR 2013). De esta forma Zacatecas aporta al corredor biocultural tanto elementos de riqueza natural como sitios de importancia cultural.

Conclusiones y recomendaciones

La importancia del corredor biocultural radica en la construcción de alianzas para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, en la coordinación interestatal para cumplir metas de conservación de ecosistemas y especies prioritarias, particularmente aquellas cuyo hábitat se circunscribe o restringe a esta región del territorio, así como en la preservación de los servicios ecosistémicos regionales y el mantenimiento de las tradiciones y valores culturales arraigados en el centro occidente de México. Actualmente se encuentran en definición los polígonos con los cuales se pretende dar conectividad a la riqueza que alberga esta región; el reto será incluir el aspecto cultural, además de los factores biológicos, en la propuesta.

En el contexto estatal destaca la necesidad de trabajar estrechamente con el estado de San Luis Potosí para implementar acciones de conservación en los espacios identificados a través de los SPCB y RTP al noroeste, al centro y al centro-sur del estado.

Finalmente, es imperativo dar continuidad a las reuniones entre los estados firmantes del corredor biocultural, así como dar seguimiento a los acuerdos sobre la planeación y ejecución de acciones conjuntas para la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de la diversidad biocultural de la región, partiendo de la premisa de la concurrencia de afinidades biorregionales, sociales, económicas y culturales.

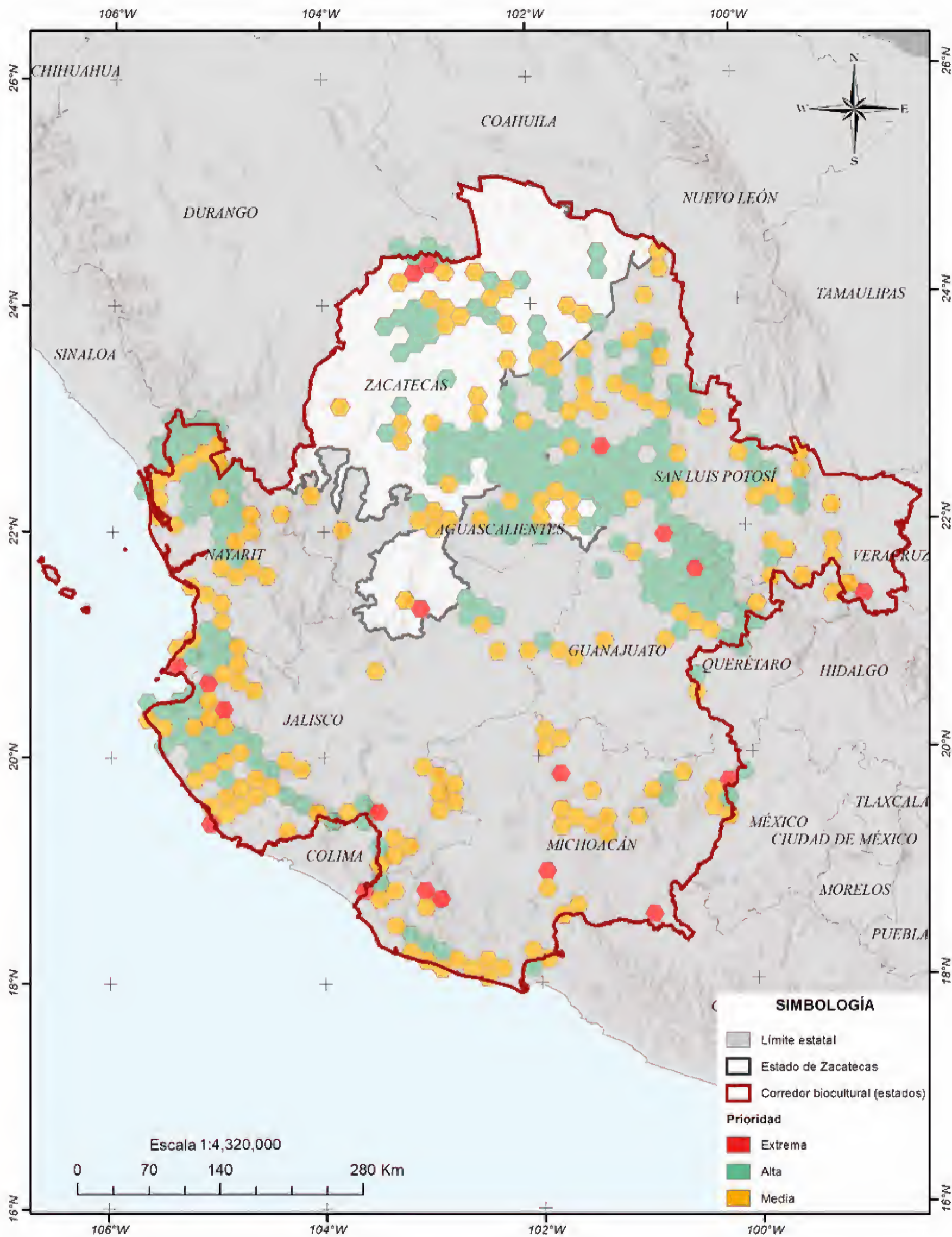


Figura 4. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad (spcb). Fuente: elaboración con base en CONABIO et al. 2007.

Referencias

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar *et al.* (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. En: <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>>, última consulta: 19 de julio de 2013.
- Bezaury-Creel, J.E., J.F. Torres, L.M. Ochoa-Ochoa *et al.* 2009. *Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas estatales del Distrito Federal y municipales de México. Versión 2.0*. TNC/CONABIO/CONANP, México.
- Challenger, A. 2001. Estrategias para la conservación de ecosistemas. *Gaceta Ecológica* 61:22-29.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. *Áreas de importancia para la conservación de las aves*. En: <<http://conabiweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicaslista.html>>, última consulta: 19 de julio de 2013.
- . 2015. *Áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales y privadas de México*. CONABIO, México
- CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México y Pronatura. 2007. *Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad (shape)*. Escala 1: 1 000 000. México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. *Áreas naturales protegidas de México*. En: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/anp_agosto12gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no>, última consulta: 19 de julio de 2013.
- . 2013. *Humedales de México*. En: <<http://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/sitios-ramsar>>, última consulta: 19 de julio de 2013.
- CONANP, SMAE, IEE *et al.* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente de Aguascalientes, Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato *et al.* 2012. *Acuerdo de colaboración con el objeto de unir esfuerzos, capacidades y recursos para conservar y manejar sustentablemente las áreas naturales protegidas, ecosistemas prioritarios y la biodiversidad a través de la creación de un corredor biocultural en el centro occidente de México*. Publicado el 7 de diciembre de 2012 en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Michoacán de Ocampo. Texto vigente.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. *Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011*. En: <http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/aepef/2011/Aepef2011.pdf>, última consulta: 15 de julio de 2013.
- INEGI, CONABIO, INE. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto Nacional de Ecología. 2008. *Ecorregiones terrestres de México*. Escala 1:1 000 000. INEGI/CONABIO/INE, México.
- SECTUR. Secretaría de Turismo. 2013. *Programa pueblos mágicos*. En: <<http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/Noticias?uri=http%3A%2F%2Fwww.sectur.swb%23Resource%3A6712>>, última consulta: 26 de octubre de 2013.
- Toledo, V.M. 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. 2013a. *Patrimonio mundial*. En: <<http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage/>>, última consulta: 15 de julio de 2013.
- . 2013b. *Cultural properties-Camino Real de Tierra Adentro (Mexico)*. En: <<http://whc.unesco.org/en/decisions/4024>>, última consulta: 23 de julio de 2013.
- . 2013c. *Listas del patrimonio cultural inmaterial y registro de mejores prácticas de salvaguardia*. En: <<http://www.unesco.org/culture/ich/es/listas>>, última consulta: 15 de julio de 2013.

Endocrinología de la conservación

Marisa Mercado Reyes • Alan Roberto Hernández Llamas • Jesús Patricio Tavizón García

El concepto de endocrinología de la conservación es una nueva disciplina que se deriva de las áreas de investigación como la biología y la fisiología animal; estudia hormonas, ciclos reproductivos, estrés, etcétera. Forma parte de una rama de la biología de la conservación que tiene como objetivo el uso del conocimiento generado a partir del estudio de procesos naturales “clave” con el fin de establecer acciones y estrategias de manejo encaminadas a la conservación de la biodiversidad (Bonier *et al.* 2004). Cockrem (2005) la define como “estudios endocrinos (relacionados con la producción de hormonas) que pueden contribuir a la conservación”, en los que las técnicas tienen el potencial de proporcionar datos relevantes acerca de la respuesta de los individuos y poblaciones a los cambios del medio ambiente, reproducción, migración y regulación de ciclos de vida (Wildt *et al.* 2003, Walker *et al.* 2005).

En los últimos 20 años ha ocurrido un desarrollo importante en esta área: se han generado bases de datos acerca de la reproducción y el bienestar de cientos de especies de fauna silvestre, así como sobre la biología y los requerimientos de individuos, poblaciones y especies (Monfort 2002).

Un aspecto importante para la producción de datos nuevos es la metodología usada. Tradicionalmente, en los estudios de biología reproductiva, la determinación de los niveles hormonales se realiza mediante la obtención de muestras sanguíneas de los animales, estos métodos requieren, en la mayoría de los casos, la restricción física o química de los ejemplares, lo cual resulta estresante, peligroso, costoso y compromete una medición exacta (Monfort 2002, Von der Ohe y Servheen 2002, Bonier *et al.* 2004, Schwarzenberger 2007). Sin embargo, la endocrinología de la conservación

ofrece la alternativa de hacerlo a través de la evaluación de metabolitos en orina o heces, ya que las hormonas esteroides involucradas en procesos fisiológicos (reproducción y estrés) llegan a presentar concentraciones hasta dos veces mayores en las excretas y orina que en la sangre (Monfort 2002). La obtención de estos metabolitos se realiza utilizando soluciones de extracción basadas en alcoholes cuya concentración depende de la estandarización de la técnica en cada laboratorio. Posteriormente, las muestras se procesan con el uso de pruebas inmunológicas que se basan en la unión antígeno-anticuerpo, de las cuales las más descritas son el radioinmunoanálisis y la técnica inmunoenzimática (EIA).

Panorama en México

En México, los estudios relacionados con esta disciplina aún son escasos debido a la falta de infraestructura y personal capacitado para realizarlos. Aun así existen varios equipos de trabajo de diversas instituciones y universidades nacionales (Valdespino *et al.* 2007) que han abordado temas relacionados con la medición de hormonas en excretas de borrego cimarrón (*Ovis canadensis*; Ayala 2003), mono aullador (*Alouatta pigra*; Martínez 2004), mono araña (*Ateles geoffroyi*; Cerda *et al.* 2006), lobo (*Canis lupus baileyi*; Soto *et al.* 2004) y pavón (*Oreophasis derbianus*; García 2003), entre otras especies, con diversos objetivos como la determinación de estrés, ciclos reproductivos, manejo de individuos y especies silvestres en cautiverio, entre otros.

Panorama en el estado

El Laboratorio de Biología de la Conservación de la Unidad de Ciencias Biológicas de la Universidad

Mercado Reyes, M., A.R. Hernández Llamas y P. Tavizón García. 2020. Endocrinología de la conservación. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 449-452.

Autónoma de Zacatecas es uno de los pocos centros de investigación donde se realizan estudios referentes a la conservación y manejo de la fauna silvestre regional (figuras 1 y 2). Entre sus líneas de investigación se encuentra la endocrinología de la conservación. Ahí se han desarrollado investigaciones con el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), con el fin de determinar su etapa reproductiva en la región (Mercado 2002; véase “Reproducción del venado cola blanca” en esta misma obra) y el estrés de sus poblaciones, tanto en cautiverio como en vida libre (Hernández 2009). Estos trabajos describen información relevante acerca de la aplicación de esta metodología en el manejo y conservación de las poblaciones de la especie en la región.

Lo anterior demuestra que esta disciplina es una herramienta importante para generar estrategias de conservación en diversas especies de

fauna silvestre, principalmente para el manejo de especies en riesgo, pues permite definir acciones de conservación específicas, ya sea de forma individual o poblacional, al ofrecer un monitoreo no invasivo de procesos fisiológicos clave (reproducción, estrés) y que son relevantes para su manejo.

Conclusiones y recomendaciones

En México la endocrinología de la conservación aún es poco conocida dentro del campo de manejo de vida silvestre, además de que el personal capacitado para desarrollarla es escaso. Se considera que el uso de la metodología utilizada en esta disciplina sería de gran utilidad para el establecimiento de acciones de manejo específicas según cada especie de fauna y la región a la que pertenezca; por ejemplo, de acuerdo a los planes de manejo solicitados por las instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



Figura 1. Pareja de venados cola blanca en cautiverio en el Altiplano zacatecano. Foto: Flor Obdulia Esparza Castro.

(SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Es decir, se pueden establecer periodos clave para el manejo de poblaciones de acuerdo a sus ciclos reproductivos, los que varían de acuerdo con las condiciones ambientales de cada región; o bien, es factible la determinación del estrés fisiológico de las poblaciones debido a las condiciones adversas de un hábitat deteriorado, escasez de recursos alimenticios y agua, así como por la alteración del ambiente provocado por las actividades antropogénicas.

El potencial que tiene la endocrinología dentro de la conservación de la biodiversidad es evidente, por lo que es necesario la generación y difusión del conocimiento obtenido a partir de estas nuevas metodologías. En Zacatecas existe uno de los escasos grupos de investigación que desarrolla este tipo de estudios, lo cual podría ser una ventaja regional para el desarrollo y generación de infor-



Figura 2. Extracción de hormonas (progesterona y corticosterona) en el Laboratorio de Biología de la Conservación de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Foto: Flor Obdulia Esparza Castro.

mación biológica importante de la fauna silvestre regional y coadyuvaría en la protección, conservación y manejo adecuado en la región del Altiplano.

Referencias

- Ayala, S.G. 2003. *Estrés fisiológico relacionado con la dinámica reproductiva del borrego cimarrón, Ovis canadensis cremnobates en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México*. Tesis de maestría en manejo de ecosistemas en zonas áridas. Facultad de Ciencias, UABC campus Ensenada, México.
- Bonier, F., H. Quigley y S.N. Austad. 2004. A technique for non-invasively detecting stress response in cougars. *Wildlife Society Bulletin* 32(3):711-717.
- Cerda M., A.L., L.D.L. Hernández, P.S. Páez et al. 2006. Seasonal variations of fecal progesterone and 17 β -estradiol in captive female black-handed spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Theriogenology* 66:1985-1993.
- Cockrem, J.F. 2005. Conservation and behavioral neuroendocrinology. *Hormones and behavior* 48:492-501.
- García F., L.M. 2003. *Medición de esteroides fecales para la determinación de sexo y condición reproductiva del pavón (Oreophasis derbianus, Gray 1844) en cautiverio*. Tesis de maestría en ciencias en manejo de fauna silvestre. INECOL, Veracruz.
- Hernández, A.R. 2009. *Determinación de corticosterona en venado cola blanca (Odocoileus virginianus) por métodos no invasivos*. Tesis de licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Martínez M., R. 2004. *Comparación de cortisol fecal de monos aulladores (Alouatta pigra) que habitan en un bosque fragmentado y uno continuo como medida para determinar estrés*. Tesis de maestría en manejo de fauna silvestre. INECOL, Veracruz.
- Mercado, M. 2002. *Comportamiento reproductivo de la hembra de venado cola blanca (Odocoileus virginianus)*. Tesis de maestría en producción animal en zonas áridas. Unidad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Monfort, S.L. 2002. Non-invasive endocrine measures of reproduction and stress in wild populations. En: *Reproductive science and integrated conservation*. V.H. William, A.R. Pickard, J.C. Rodger y D.E. Wildt (eds.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 147-165.
- Schwarzenberger, F. 2007. The many uses of non-invasive faecal steroid monitoring in zoo and wildlife species. *International Zoo Year Books* 41:52-74.
- Soto, M.A., A.M. Salame, A. Ramírez et al. 2004. Valoración de hormonas esteroides en heces de una pareja de lobo

- mexicano (*Canis lupus baileyi*) en cautiverio. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2):187-196.
- Valdespino, C., R. Martínez-Mota, L.M. García-Feria y L.E. Martínez-Romero. 2007. Evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de excretas: evolución de una metodología no invasiva. *Acta Zoológica Mexicana* 23(3):151-180.
- Von der Ohe, C. y C. Servheen. 2002. Measuring stress in mammals using fecal glucocorticoids: opportunities and challenges. *Wildlife Society Bulletin* 30(4):1215-1225.
- Walker, B.G., D. Boersma y J.C. Wingfield. 2005. Field endocrinology and conservation biology. *Integrative and Comparative Biology* 45:12-18.
- Wildt, D.E., S. Ellis, D. Janseen y J. Buff. 2003. Toward more effective reproductive science for conservation. En: *Reproductive science and integrated conservation*. V.H. William, A.R. Pickard, J.C. Rodger y D.E. Wildt (eds.). Cambridge University Press, Nueva York, pp. 2-20.



Reproducción del venado cola blanca

Marisa Mercado Reyes • Marisol Blancas Mosqueda • María del Carmen Mondragón de la Peña
Jesús Patricio Tavizón García

La reproducción de la fauna silvestre es uno de los puntos clave para un buen manejo y conservación exitosa de sus poblaciones, ya que a través de su entendimiento es posible evaluar su biología, comportamiento, y la condición de sus poblaciones y de su hábitat.

Para los cérvidos del género *Odocoileus*, como el venado cola blanca, los factores como la latitud, el fotoperiodo, el clima y la nutrición influyen en su etapa reproductiva, provocando que esta se presente en diferentes fechas dependiendo de la región, siempre de acuerdo con las características ambientales y la condición de las poblaciones a nivel regional (Bronson y Heideman 1994).

Con la finalidad de conocer el periodo reproductivo del venado cola blanca en el estado, durante los meses de septiembre de 1998 a marzo de 1999, se realizó un análisis de la concentración de progesterona (hormona esteroide que es secretada por la hembra durante la reproducción y

cuya presencia indica una actividad reproductiva; Harder y Moorhead 1980) por la técnica de inmunoensayo (ELISA). La hormona fue extraída de muestras fecales de hembras de venado cola blanca en edad reproductiva (mayores de 18 meses de edad) de dos grupos: en cautiverio de los municipios de Valparaíso y Jalpa (figura 1), y en vida libre en el municipio de Cuauhtémoc (Kirkpatrick *et al.* 1996). Este periodo reproductivo se dividió en tres etapas: noviembre a febrero (celo), marzo a mayo (gestación) y septiembre a noviembre (no actividad reproductiva), las cuales se presentan en el cuadro 1.

Se determinó que las hembras del hato de Valparaíso (más norteño), presentaron actividad reproductiva (concentraciones de progesterona altas) al inicio del mes de diciembre, extendiéndose hasta enero; es decir, iniciaron más temprano, a partir del otoño, mientras que en las hembras del municipio de Jalpa, la actividad reproductiva fue



Figura 1. Hembra de venado cola blanca del hato de Valparaíso durante el desarrollo del estudio. Foto: Flor Obdulia Esparza Castro.

Mercado Reyes, M., M. Blancas Mosqueda, M.C. Mondragón de la Peña y P. Tavizón García. 2020. Reproducción del venado cola blanca. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 453-454.

de mediados del mes de diciembre a marzo, durante el inicio del invierno.

Por otro lado, para las hembras en vida libre del municipio de Cuauhtémoc, la actividad reproductiva se presentó en los meses de diciembre y enero, por lo que se concluye que el venado cola blanca de la región puede iniciar su etapa reproductiva desde el mes de diciembre (en poblaciones más norteñas) y prolongarse hasta marzo (en las poblaciones del sur del estado), y no como ha sido establecido por los estudios realizados en Norteamérica (de octubre a diciembre; Bronson 1989), los cuales son considerados por las instituciones locales como la base para el manejo de las poblaciones en esta región.

Estos resultados indican que la etapa reproductiva de la especie varía de acuerdo con la latitud y con factores ambientales presentes en cada región (Mercado 2006). El presente estudio ofrece evidencia de la necesidad de establecer prácticas de manejo basadas en las características biológicas y el estatus poblacional a nivel regional, ya que el periodo reproductivo del venado cola blanca puede presentarse en periodos diferenciados a través de la región de acuerdo con las características ambientales y poblacionales, por lo que es indispensable replantear la actividad y manejo cinegético de esta especie dentro del estado.

Se plantean las siguientes acciones y estrategias: 1) generar y difundir información acerca de la biología de la especie de acuerdo con las características regionales a través del estado, 2) monitorear

Referencias

- Bronson, F.H. 1989. *Mammalian reproductive biology*. The University of Chicago Press, EUA.
- Bronson, F.H. y P.D. Heideman. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. En: *The physiology of reproduction*. E. Knobil y J.D. Neill (eds.). Raven Press Ltd., Nueva York.
- Harder, J.D. y D.L. Moorhead. 1980. Development of corpora lutea and plasma progesterone levels associated with the onset of the breeding season in white-tailed

Cuadro 1. Concentraciones de progesterona (ng/g) en excretas muestreadas durante las tres etapas reproductivas identificadas en las hembras de venado cola blanca de los hatos en cautiverio.

Mes	Celo	Gestación	No reproducción (anestro)
Septiembre	*	*	0.03
Octubre	*	*	0.00**
Noviembre	*	*	*
Diciembre	139.57	*	*
Enero	307.55	*	*
Febrero	205.44	*	*
Marzo	*	189.86	0.19
Abril	*	102.37	0.07
Mayo	*	64.00	0.51

* No se registró progesterona.

** La cantidad registrada fue menor a 0.00.

Fuente: Mercado 2006.

las condiciones de su hábitat de forma periódica, 3) implementar acciones de educación ambiental, 4) elaborar calendarios específicos para cacería de acuerdo con su fisiología reproductiva y características regionales, y 5) crear una base de datos acerca de la producción de venado cola blanca para la evaluación de sus poblaciones.

En el estado es necesario el manejo sustentable del venado cola blanca y de su hábitat, por lo que se requiere emprender acciones conjuntas realizadas entre el gobierno estatal, el gobierno municipal y la sociedad para recuperar y conservar sus poblaciones (Mercado 2006).

deer (*Odocoileus virginianus*). *Biology of Reproduction* 22:185-191.

Kirkpatrick, J.F., J.C. McCarthy, D.F. Gudermuth *et al.* 1996. An assessment of the reproductive biology of Yellowstone bison (*Bison bison*) subpopulations using non-capture methods. *Canadian Journal of Zoology* 74:8-14.

Mercado, M. 2006. *Estructura poblacional del venado cola blanca en el Estado de Zacatecas*. Informe técnico IEMAZ. Zacatecas, México.

El pato triguero en el Altiplano

Marisa Mercado Reyes • Marisol Blancas Mosqueda • María del Carmen Mondragón de la Peña
Jesús Patricio Tavizón García

El pato triguero o pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*; figura 1) es una especie endémica de México que se clasifica dentro del grupo de patos de superficie y que se distribuye en ciénagas y depósitos de agua con vegetación de pastizal y tierras de cultivo de las mesetas centrales de México (Leopold 1959). Es una especie no migratoria cuyos movimientos poblacionales se producen de acuerdo a la disponibilidad de recursos hídricos, alimenticios y de cobertura vegetal (Williams 1980). En el altiplano de Zacatecas se encuentra durante todo el año coexistiendo con varias especies acuáticas migratorias, como el ganso nevado

(*Chen caerulescens*) y el ganso frente blanca (*Anser albifrons*; Tavizón García *et al.* 1997). Esta especie enfrenta una progresiva destrucción de su hábitat debido a la fragmentación y desviación del agua de los humedales para las actividades agrícolas y ganaderas, así como por su alteración o destrucción debido a la contaminación, sobrepastoreo, salinización y uso industrial del recurso (Carrera y De la Fuente 2003). Aunque esta pérdida es compensada ligeramente por la construcción de presas y embalses artificiales, como los bordos, sus poblaciones están disminuyendo (Aldrich y Baer 1970), motivo por el cual la especie se encuentra enlistada



Figura 1. Pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes CONABIO.

Mercado Reyes, M., M. Blancas Mosqueda, M.C. Mondragón de la Peña y P. Tavizón García. 2020. El pato triguero en el Altiplano. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 455-457.

como amenazada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). A pesar de su estatus existe escasa o nula información acerca de su biología y dinámica poblacional, así como de su situación y características de hábitat actuales en la región. Por lo anterior se realizó un análisis del hábitat y conteos poblacionales durante los meses de septiembre a noviembre de 2004 en seis embalses (presas y bordos) de los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Luis Moya y Ojocaliente.

Los datos obtenidos indicaron que las poblaciones de pato triguero son más abundantes en los bordos que en las presas (figura 2). Estadísticamente se determinó una diferencia significativa en el tamaño poblacional de pato triguero entre las presas y los bordos analizados, así como una correlación negativa significativa entre el número de patos triguero y el tamaño del embalse. Estos datos indican que a pesar de la elevada disponibilidad de agua y espacio en las presas, los trigueros prefieren los bordos. Los bordos tienen principalmente una finalidad agrícola, por lo que tienen restringido el acceso al ganado (Mellink 1994, Medina *et al.* 2007), lo que beneficia el crecimiento y conservación de la vegetación adyacente, la que es importante

para la sobrevivencia de los patos de superficie. De acuerdo con la información de estudios anteriores existe una relación entre las poblaciones de pato triguero y las áreas agrícolas (Leopold 1959, Swepston 1979, Williams 1980); estas investigaciones establecen un proceso de adaptación de estas aves a los hábitats modificados por esta actividad y un posible beneficio, ya que las áreas de cultivo proveen agua y alimento durante periodos adversos (sequía), por lo que se convierten en un posible refugio para estas y otras especies de aves de pastizal (Braun *et al.* 1978, Medina *et al.* 2007). Como se observó en las presas del Altiplano zacatecano, la presencia del ganado en los humedales se asocia con la disminución de la vegetación adyacente y con un deterioro del hábitat por el pisoteo y compactación del suelo alrededor del embalse. Braun *et al.* (1978) determinaron que las actividades ganaderas y los humedales son incompatibles, mientras que Ringelman (1992) definió la ganadería como un factor de deterioro del hábitat de las especies acuáticas, ya que ocasiona la erosión y la acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua, provocando severos daños al hábitat ripario.



Figura 2. Pato triguero del bordo El Manantial en el Altiplano zacatecano. Foto: Marisa Mercado Reyes.

Dado que el pastoreo es una actividad que causa severos daños en la vegetación de los pastizales, la exclusión del ganado debe ser aplicada como parte de las acciones de conservación y manejo de las poblaciones de pato triguero (Riojas-López y Mellink 2005, Medina *et al.* 2007).

En Zacatecas, diversos factores han impactado en las poblaciones de pato triguero, como las condiciones climáticas adversas, que incluyen las sequías prolongadas y escasez de agua, así como el deterioro y destrucción de su hábitat debido a diversas actividades humanas, como el aprovechamiento

no sustentable de los recursos acuíferos (Tavizón García 2002). Por lo anterior, es prioritaria la creación de planes y programas de conservación y restauración de humedales, así como fomentar el uso sustentable de los recursos hídricos en los embalses y la restricción al ganado en los embalses prioritarios para el pato triguero y otras especies acuáticas, ya que se determinó la importancia de una estructura y diversidad vegetal adyacente para la sobrevivencia de esta especie (Mercado 2012) en la región del Altiplano zacatecano y el Desierto Chihuahuense.

Referencias

- Aldrich, J.W. y K.P. Baer. 1970. Status and speciation in the Mexican duck (*Anas diazi*). *The Wilson Bulletin* 82(1):63-73.
- Braun, C.E., K.W. Harmon, J.A. Jackson, C.D. Littlefield. 1978. Management of national wildlife refuges in the United States: its impact on birds. *Wilson Bulletin* 90:309-321.
- Carrera, G.E. y L.G. De la Fuente. 2003. *Inventario y clasificación de humedales en México, parte 1*. Ducks Unlimited de México A.C., México.
- Leopold, A.S. 1959. *Wildlife of Mexico, the game birds and mammals*. University of California Press, Berkeley.
- Medina T., S.M., O. Márquez y M.G. García. 2007. Uso y selección de embalse por el pato triguero mexicano (*Anas diazi*) en la región del Llano, Aguascalientes-Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23(2):163-181.
- Mellink, E. 1994. Grazing and mexican ducks in central Mexico. *Euphonia* 3:5-7.
- Mercado, M. 2012. *Ecología y genética de la conservación del pato triguero *Anas platyrhynchos diazi* en el Altiplano Zacatecano*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Ringelman, J.K. 1992. Identifying the factors that limit duck production. En: *Waterfowl management handbook*. Fish and Wildlife Leaflet 13. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., pp. 1-8.
- Riojas-López, M. y E. Mellink. 2005. Potential for biological conservation in man-modified semiarid habitats in northeastern Jalisco, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 14:2251-2263.
- 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. Texto vigente.
- Swepton, D.A. 1979. *Nongame wildlife investigations, job No. 42: Mexican duck, final report*. Texas Parks and Wildlife Department, Austin.
- Tavizón García, P. 2002. *Proyecto de área de manejo sustentable para aves acuáticas en Zacatecas*. SEMARNAT, México.
- Tavizón García, P., R. Flores, M. Díaz y C. Mondragón. 1997. Gestión para la conservación del hábitat del pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) en el estado de Zacatecas, México. En: *xiv Congreso Nacional de Zoología SOMEX-ZOOL*. Guanajuato, México.
- Williams, S. 1980. *The mexican duck in Mexico: natural history, distribution, and population status*. Tesis de doctorado. Universidad de Colorado, Denver.

Condición del pastizal mediano abierto

Ramón Gutiérrez Luna • Miguel Agustín Velásquez Valle • Erica Gabriela Hernández Ayala
Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez • Guillermina Martínez Trejo

La vegetación natural que cubre algunos de los suelos de las zonas semiáridas de México está compuesta de pastizales amacollados, zacates cortos, o bien, pastizal mediano abierto, cuando la presencia de arbustos es escasa, o de matorrales donde los arbustos dominan el paisaje (COTECOCA 1980). En México, las tierras consideradas como pastizal representan 40.1% de la superficie total del país (Bernardon *et al.* 1977).

En Zacatecas, los agostaderos, según la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA 1980), contienen pastizal mediano abierto, matorral rosetófilo, pastizal amacollado y bosque latifoliado

esclerófilo caducifolio, entre otros. Uno de los más importantes, por la extensión que ocupa, es precisamente el ecosistema de pastizal mediano abierto con alrededor de 2.5 millones de hectáreas (figuras 1 y 2). Además de contribuir a la conservación de los recursos naturales (agua y suelo), según el National Research Council (NRC), en esta comunidad los herbívoros encuentran gran cantidad de forraje (NRC 1994, Gauthier *et al.* 2003).

Pastizales y ganadería

En la entidad, la ganadería es una de las principales actividades productivas bajo el sistema extensivo (Serrato *et al.* 1999). La ganadería extensiva se



Figura 1. Pastizal mediano abierto con excelente cobertura basal ubicado al suroeste del estado. Foto: Ramón Gutiérrez Luna.

Gutiérrez L., R., M.A. Velásquez V., E.G. Hernández, R.A. Sánchez G. y G. Martínez-Trejo. 2020. Condición del pastizal mediano abierto. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 458-462.



Figura 2. Pastizal mediano abierto en buena condición ecológica situado al suroeste de la entidad. Foto: Ramón Gutiérrez Luna.

practica en 5.5 millones de hectáreas, que corresponden a 75% de la superficie estatal (SEDAGRO 2004); sin embargo, la disponibilidad de forraje es irregular, pues está supeditada a la precipitación pluvial, tanto temporal como espacial.

Las especies que componen los pastizales permanecen en latencia durante el invierno y reinician el crecimiento poco antes de la época de lluvias, en el verano, por la fluctuación de la temperatura y porque la mayor proporción de la precipitación ocurre entre junio y octubre (95%) y, por el contrario, una proporción significativamente inferior cae en los meses de invierno (Quintas 2001).

Debido a la variabilidad del clima en el estado, la productividad del pastizal mediano abierto es variable, por lo que en ocasiones se requieren hasta 20 ha o más de pastizal para mantener una unidad animal por año; sin embargo, existen sitios con gran potencial productivo donde solo se requieren 5 ha por unidad animal al año.

En este capítulo se presenta el panorama del pastizal mediano abierto que se localiza en la

región central del estado y se ofrecen recomendaciones para fomentar su uso sustentable.

Problemática de los pastizales

La problemática de los pastizales involucra suelos, comunidades vegetales y herbívoros, además de la variación en la distribución de la lluvia y la baja capacidad de los suelos de retener la humedad, lo que los convierte en áreas altamente vulnerables al mal manejo y, en consecuencia, susceptibles al deterioro.

Trabajos realizados en el Desierto Chihuahuense, el cual abarca desde el sur de los Estados Unidos de América y la porción norte-centro de México, precisan acerca de la necesidad de efectuar estudios a largo plazo sobre la caracterización cuantitativa de cambios en la vegetación del pastizal de diferentes biomas como respuesta al clima y al apacentamiento. En parte, los trabajos realizados por Holechek y colaboradores (1994) aclaran que los recursos del pastizal tienen la capacidad de mantener a los animales domésticos de

manera biológicamente sustentable, rentable y compatible con la fauna silvestre.

Asimismo, se ha observado en prácticamente todo el mundo que la sobreutilización del pastizal repercute en la pérdida de recursos naturales, como agua, suelo, diversidad de flora y productividad vegetal y animal. Naeth y colaboradores (1991) encontraron que el apacentamiento no controlado afecta negativamente al mantillo que se encuentra sobre el suelo, las raíces de las plantas y las propiedades del suelo, lo cual resulta un problema si se toma en consideración que Heady (1956, 1965) y Hooper y Heady (1970), citados por Heady y Child (1994) y Chanasyk y Woytowich (1987), reconocieron en la materia orgánica (mantillo) gran potencial para minimizar daños en las regiones semiáridas ocasionados por las lluvias torrenciales, pues este contribuye de manera importante a la reducción del escurrimiento superficial de la lluvia.

Igualmente, Gonnet y colaboradores (2003) y MidWest Plan Service (2006) encontraron que la intensidad del pastoreo influye directamente en la cobertura vegetal basal, pues afecta negativamente la producción de plantas y la protección vegetal del suelo. Además, Fernández y Allen (1999) observaron en Mongolia que la precipitación es aún más importante en ambientes semiáridos, porque favorece o afecta las plantas.

Esta respuesta de los pastizales es similar a la que se ha encontrado en la parte central del estado. Al respecto, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), determinaron que las pérdidas potenciales de suelo, es decir, en ausencia de cobertura vegetal, llegan a ser de alrededor de 7 t/ha/año, lo cual reduce potencialmente la productividad del pastizal (Serna y Echavarría 2002). Por su parte, Gutiérrez y colaboradores (2006), al evaluar la cobertura vegetal sobre el suelo a través del tiempo, encontraron que el tipo de uso es determinante para mantener su condición y observaron que la cobertura vegetal basal sobre el suelo en el apacentamiento rotacional diferido decrece

con respecto al cambio de estaciones del año (60.04% en verano, 38.20% en otoño, 37.42% en invierno y 21.02% en primavera). En la primavera, que es la época más crítica para el apacentamiento, la cobertura del suelo estuvo alrededor de 4% más desprotegida en el pastoreo extensivo que en los sistemas de mayor control del apacentamiento.

En la parte central de Zacatecas, Gutiérrez y colaboradores (2006) registraron 41 especies vegetales más en las áreas de pastoreo rotacional diferido que en las áreas de pastoreo continuo. Asimismo, Gutiérrez y colaboradores (2004, 2006) registraron valores promedio de producción de forraje de alrededor de 300 kg/ha cuando el pastizal es utilizado bajo el esquema extensivo (tradicional) de producción animal, con diferencias de hasta 300% más de producción bajo esquemas rotacionales de apacentamiento.

Dada la tendencia generalizada del manejo del pastizal a través de la ganadería extensiva es importante dar seguimiento a su tendencia productiva, a su capacidad de carga, así como a la condición de la vegetación sobre la que se sustenta.

Evaluación de la condición del pastizal

Para conocer la condición del pastizal se usan como indicadores algunos atributos de la vegetación que caracterizan a las comunidades vegetales terrestres (Bonham 1989), es decir, la estructura y composición florística del ecosistema.

Otra de las pruebas que contribuye a la caracterización es la estabilidad de agregados del suelo, la cual permite obtener información que facilite conocer el grado de desarrollo estructural del suelo y su resistencia a la erosión. Además, identifica la integridad biótica, dado que el contenido de materia orgánica en el suelo funciona como material cementante que floclula las partículas del suelo; la integridad biótica continuamente se renueva por la actividad de microorganismos del suelo y las raíces de las plantas del pastizal (Pellant *et al.* 2005).

Determinación de la carga animal

La carga animal es un factor crítico en el manejo ordenado de los pastizales, por lo que una vez que

se ha identificado la condición del pastizal, se determina la capacidad de carga animal a través de un muestreo representativo de la producción forrajera de todo el área que se desea evaluar. Para lo anterior es necesario cuantificar la producción promedio, considerar el tipo de ganado utilizado y definir su consumo diario y, finalmente, se debe determinar cuánto tiempo puede permanecer el hato en cada potrero.

En la determinación de carga animal existen dos pasos. Primero, para que sea confiable y estadísticamente analizable, se sugiere que el muestreo sea aleatorio, lo cual implica que los sitios muestreados sean representativos de todas las condiciones presentes en la superficie a la cual se referirá la estimación de la producción de forraje disponible (Pieper 1973). Segundo, es necesario definir el tamaño óptimo de muestreo a fin de evitar la sobreutilización o subutilización de los recursos naturales.

Conclusiones y recomendaciones

Debido a la variabilidad del clima y topografía en Zacatecas, la productividad primaria del pastizal mediano abierto es variable, por lo que en ocasiones se requieren de 20 hasta 60 ha

de pastizal bajo sequía extrema para mantener una unidad animal por año. Sin duda, en el estado existen lugares con potencial productivo alto, donde solo se requieren 5 ha por unidad animal al año; sin embargo, es la minoría de la superficie.

La salud del pastizal mediano abierto en Zacatecas puede ser de mediana a baja. Indudablemente, la mala condición de los pastizales no solo es reflejo de su pobre potencial ecológico, sino del manejo inadecuado al que son sometidos, es decir, a las altas cargas en número y estancia de ganado durante todo el año (figura 3).

La recomendación urgente en la entidad es, en primer lugar, el ajuste de la carga animal, la cual debe ser dinámica, ya que año tras año la lluvia varía y la productividad depende en gran medida del agua de la precipitación. En segundo lugar, se debe romper con la selectividad de las especies vegetales para el ganado, pues generalmente las plantas de mayor preferencia, como la navajita y banderilla, entre otras, son defoliadas con mayor frecuencia, por lo que su desaparición abre espacios de terreno sin vegetación que posteriormente son afectados por erosión eólica e hídrica. Se recomienda que para disminuir la alta selectividad del ganado se utilicen sistemas de pastoreo

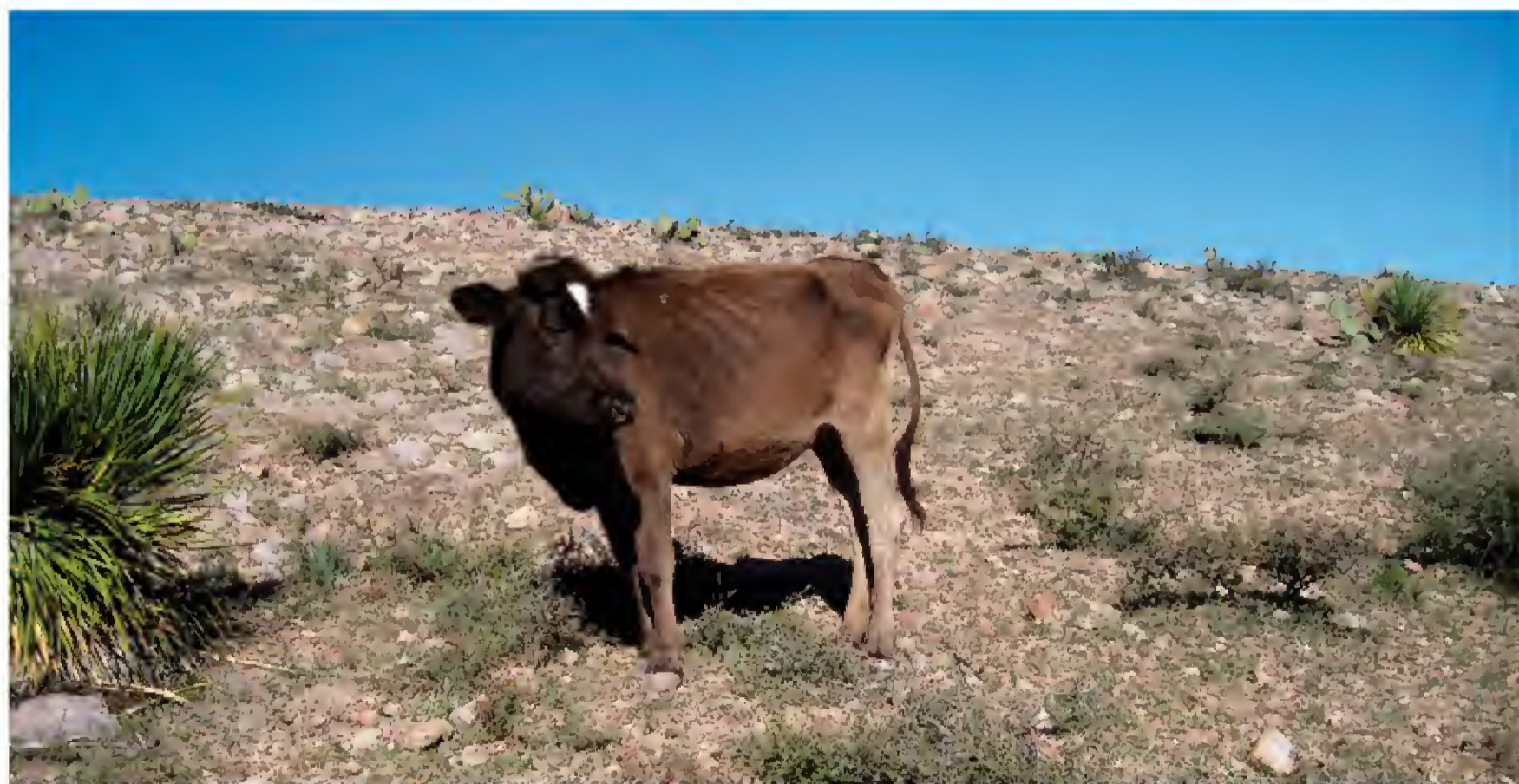


Figura 3. Pastizal mediano abierto en pobre condición ecológica en el centro del estado. Foto: Ramón Gutiérrez Luna.

rotativo de cuatro potreros. Utilizar sistemas de apacentamiento con mayor uso de infraestructura no es rentable dada la poca precipitación, salvo excepciones.

Finalmente, el uso adecuado de razas de ganado y de especies es otro factor a considerar.

Referencias

- Bernardon, F., K. Salinas, M. Figueroa y M. Atilano. 1977. *Pastizales naturales*. SEP/SET/FAO, México.
- Bonham, C.D. 1989. *Measurements for terrestrial vegetation*. Wiley Interscience, EUA.
- Chanasyk, D.S. y C.P. Woytowich. 1987. Sediment yield as a result of snowmelt runoff in the Peace River Region. *Canadian Agricultural Engineering* 29:1-6.
- COTECOCA. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. 1980. *Memoria para el estado de Zacatecas*. Subsecretaría de Ganadería-SARH.
- Fernández G., M.E. y B.D. Allen. 1999. Testing a non-equilibrium model of rangeland vegetation dynamics in Mongolia. *Journal of Applied Ecology* 36:871-885.
- Gauthier, D.A., A. Lafón, T.P. Toombs *et al.* 2003. *Grasslands: toward a north american conservation strategy*. Commission for Environmental Cooperation/Canadian Plains Research Center-University of Regina, Canadá.
- Gonnet, J.M., J.C. Guevara y O.R. Estevez. 2003. Perennial grass abundance along a grazing gradient in Mendoza, Argentina. *Journal of Range Management* 56:364-369
- Gutiérrez, R., F. Echavarría, H. Salinas *et al.* 2006. *Producción caprina bajo pastoreo rotacional diferido y continuo*. Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, México.
- Gutiérrez R., G. Medina y M.D. Amador. 2004. Estado actual de los pastizales de la zona central del estado de Zacatecas. En: *IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Las Delicias, Zacatecas.
- Heady, H.F. 1956. Changes in a California annual plant community induced by manipulation of natural mulch. *Ecology* 37:798-812.
- . 1965. The influence of mulch on herbage production in an annual grassland. En: *Proceedings of the 9th International Grasslands Congress*. Sao Paulo, Brasil.
- Heady, F. y R.D. Child. 1994. *Rangeland ecology and management*. Westview Press Inc., EUA.
- Holechek, J.L., A. Tembo, A. Daniel *et al.* 1994. Long term grazing influences on Chihuahuan desert rangeland. *Southwestern Naturalist* 39:342-349.
- MidWest Plan Service. 2006. *The ABCs of Pasture Grazing*. Iowa State University, Iowa, pp. 50011-3080.
- Naeth, A., W. Bailey, D.J. Pluth *et al.* 1991. The impact of grazing on litter and hydrology in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal of Range Management* 44:7-12.
- NRC. National Research Council. 1994. *Rangeland health: new methods to classify, inventory and monitor rangelands*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pellant, M., D.A. Pyke, P. Shaver y J.E. Eric. 2005. *Interpreting indicators of rangeland health, version 4*. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior/Bureau of Land Management/Nacional Science and Technology Center, Denver.
- Pieper, R.D. 1973. *Técnicas de medición para vegetación herbácea y arbustiva*. Universidad Estatal de Nuevo México, EUA.
- Quintas, I. 2001. *Extractor rápido de información climatológica, ERIC II. Manual del usuario*. IMTA, México.
- SEDAGRO. Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Zacatecas. 2004. *Plan ganadero del estado de Zacatecas 2004-2010*. SEDAGRO, México.
- Serna, P.A. y F.G. Echavarría. 2002. Caracterización hidrológica de un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. i. Pérdida de suelo. *Técnica Pecuaria en México* 40:37-53.
- Serrato S., R.C., C.M. Valencia y O.F. del Río. 1999. Interrelaciones entre variables del suelo y de las gramíneas en el pastizal semiárido del norte de Durango. *Terra* 17(1):27-34.

Evaluación de la condición del pastizal mediano abierto

Ramón Gutiérrez Luna • Guillermina Martínez Trejo • Miguel Agustín Velásquez Valle
Guillermo Medina García • Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez • Erica Gabriela Hernández Ayala

Durante 2007 se evaluó la condición del pastizal mediano abierto en Zacatecas y su capacidad de carga animal en 17 localidades distribuidas desde el norte hasta el sur del estado (cuadro 1, figura 1). Los atributos de vegetación del pastizal analizados fueron: 1) producción aérea; 2) cobertura basal, es decir, suelo desnudo, grava, roca, materia orgánica vegetal o animal, cobertura de gramíneas y plantas de hoja ancha; 3) capacidad de carga animal; y 4) estabilidad de agregados (NRC 1994, Pellant *et al.* 2005, Gutiérrez *et al.* 2007).

Producción de materia seca de forraje

La producción aérea es la cantidad de forraje generado para alimentar al ganado; está vinculada con la capacidad de carga del pastizal donde se realiza el pastoreo (Oesterheld *et al.* 1999).

La producción aérea de plantas forrajeras en los sitios muestreados determinó que las localidades Laguna Honda, Carr. Nieves Camacho km 12 y Benito Juárez formaron el grupo de mayor rendimiento, con producciones de 71.7, 65.1 y 53.0 gramos de materia seca por metro cuadrado (gMS/m²), respectivamente (cuadro 2). El aspecto relevante de este muestreo es que, en relación con el muestreo de tres meses atrás, la disponibilidad de forraje por localidades disminuyó, pero también se acomodaron las localidades. Este comportamiento es reflejo de que existen predios con presión muy alta, ya que en algunos casos llegó a disminuir su forraje hasta en 70% (Gutiérrez *et al.* 2004).

Para que el pastizal se recupere bajo esa tendencia de uso son necesarias las lluvias, a fin de

reactivar su crecimiento, pues, desde otra perspectiva, para el productor es difícil eliminar animales de su rancho ante la ausencia de forraje en el pastizal (Chanasyk y Woytowich 1987).

Cobertura basal

La cobertura vegetal es un indicador de la condición del pastizal que refleja el impacto que el pastoreo tiene sobre este (Navarro *et al.* 2002).

En el sitio de estudio se detectó que la cobertura vegetal promedio sobre el suelo fue de 29.06%; la protección por materia orgánica (animal y vegetal) fue de 32.94%; y la falta de protección del suelo, es decir, suelo desnudo, grava y roca, representó 38.29% de la superficie. Al analizar por localidades la cobertura basal sobre el suelo, Noria de Ángeles registró el mayor porcentaje de suelo desnudo (50.8%). El comportamiento de protección de los suelos fue similar para las localidades Noria de Ángeles, Carr. Nieves Camacho km 12, Flores García, Ignacio Allende y Mesa de Fuentes (alrededor de 24 a 26% de cobertura basal; cuadro 2).

Capacidad de carga animal

Con respecto a la capacidad de carga animal por localidad, es decir, la cantidad promedio de cabezas de ganado que pueden ser mantenidas en un pastizal y que sea productivo sin deteriorarse (Hollechek *et al.* 2011), se estimó que existen sitios donde la condición es crítica (Nueva Australia, Rancho La Copa y Flores García; cuadro 2). Sin embargo, debido a la gran variación estatal de pastizal mediano abierto, así como a la distribución en

Gutiérrez L., R., G. Martínez-Trejo, M.A. Velásquez V., G. Medina-García, R.A. Sánchez G. y E.G. Hernández. 2020. Evaluación de la condición del pastizal mediano abierto. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 463-466.

Cuadro 1. Localidades donde se muestreó la condición del pastizal en el estado.

Sitio	Localidad	Municipio	Longitud	Latitud
1	Autopista Fresnillo (5 km antes de Zorros)	Fresnillo	102.8415	23.20578
2	Zorros	Fresnillo	102.8895	23.22796
3	Rancho Grande	Río Grande	102.8875	23.23366
4	Flores García	Sombrerete	103.4738	23.88988
5	Carr. Nieves Camacho km 12	Gral. Francisco Murguía	103.0113	24.09029
6	Ignacio Allende	Sombrerete	103.4891	23.80400
7	Nueva Australia	Zacatecas	102.8330	22.82038
8	Mesa de Fuentes	Gral. Enrique Estrada	102.8916	22.98517
9	Rancho La Copa	Sombrerete	103.4637	23.66325
10	Nicolás Bravo	Saín Alto	103.3290	23.66822
11	Noria de Ángeles	Noria de Ángeles	101.9250	22.43873
12	Ejido Pánfilo Natera	Gral. Pánfilo Natera	102.1438	22.64536
13	Viboritas	Guadalupe	102.5488	22.57124
14	Laguna Honda	Guadalupe	102.5160	22.57392
15	Rancho Marengo	Genaro Codina	102.4736	22.55936
16	Ejido Calera	Calera	102.9164	22.89844
17	Benito Juárez	Zacatecas	102.7506	22.69285

Fuente: elaboración propia.

la precipitación pluvial, existen sitios donde 1.5 ha son suficientes para sustentar una unidad animal (UA) durante los meses de abril a junio. Se identificaron sitios, como Laguna Honda, donde 7.78 ha son suficientes para sustentar la UA durante un año, mientras que en Flores García se requieren 37.97 ha (cuadro 2). Con lo anterior se manifiesta la importancia de evaluar los predios cada año previo a la entrada del ganado, a fin de reducir el deterioro de los recursos naturales por el impacto animal no controlado.

Estabilidad de agregados del suelo

Esta prueba permite conocer el grado de desarrollo estructural del suelo y su resistencia a la erosión; se basa en evaluar el tiempo en el que los agregados del suelo pierden integridad al sumergirse en agua (Pellant *et al.* 2005). Con base en lo observado en los 17 sitios, los suelos más estables (en la escala de Pellant, donde seis es la máxima estabilidad) corresponden a localidades con arbustos (Zorros, Rancho Grande, Mesa de Fuentes, Rancho La Copa) y la menor estabilidad a suelos

desprotegidos (Flores García). También se observó que los suelos con pastizal mediano abierto son altamente estables (cuadro 2).

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos, la condición de los pastizales en las localidades evaluadas, previo al inicio de la temporada de lluvias, es pobre y su capacidad de carga animal es considerablemente baja. La localidad con mayor producción fue Laguna Honda (71.7 gMS/m²); mientras que en 12 de las 17 localidades la producción fue menor de 35.6 gMS/m², lo que significa que para sostener la cantidad de cabezas de ganado actual sin deteriorar el pastizal se requiere de un área de pastoreo de al menos 15.7 ha/año, aunque la elevada productividad en Laguna Honda permitió que la superficie requerida fuera de apenas 7.78 ha/UA/año.

Esto pone de manifiesto la urgencia de redoblar los esfuerzos para llevar a cabo una evaluación periódica y sistemática de los pastizales del estado, que sirva de base para que los

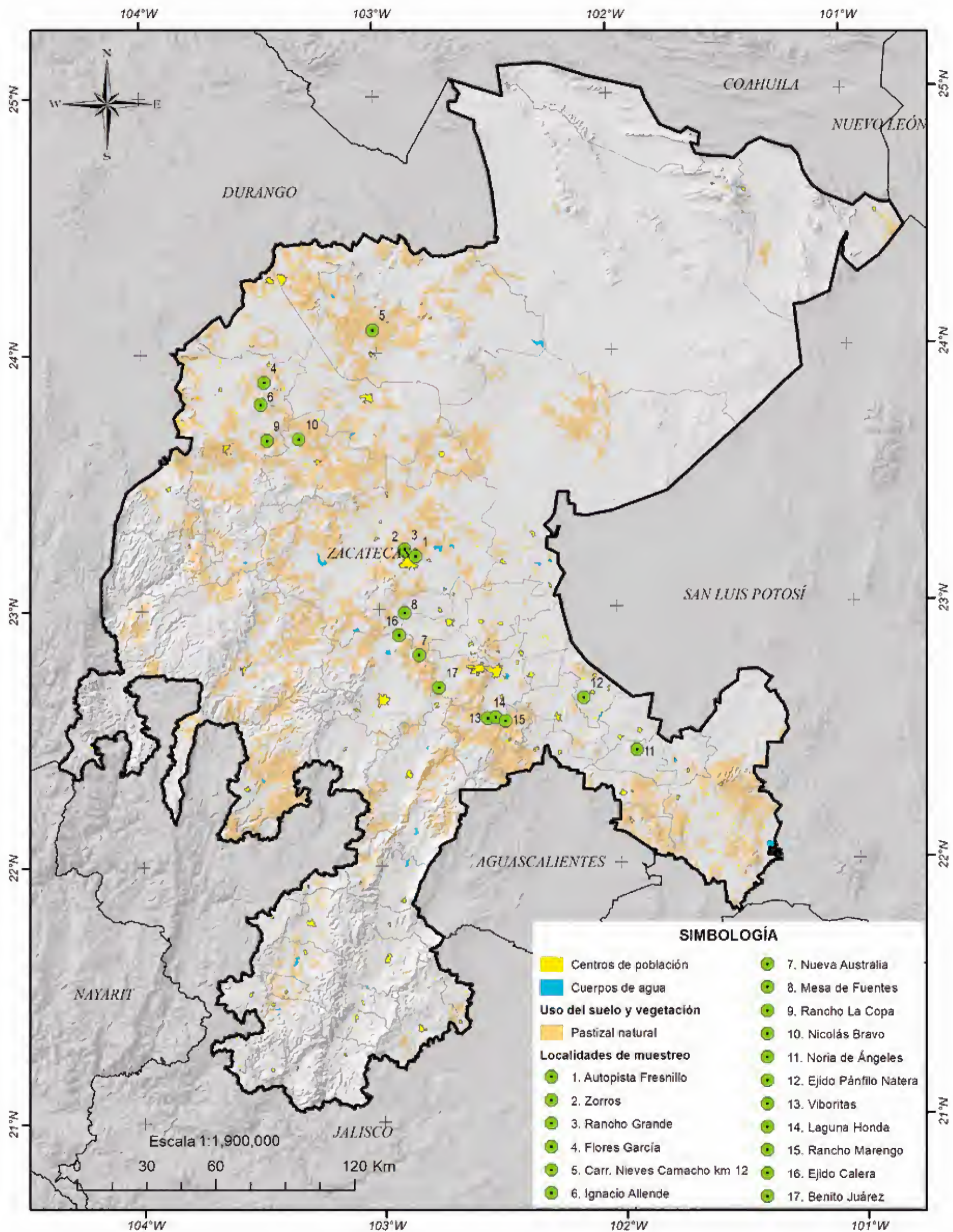


Figura 1. Puntos de muestreo del pastizal mediano abierto del estado. Fuente: elaboración con base en INEGI 2009.

Cuadro 2. Valores obtenidos en la evaluación de la condición del pastizal en el estado.

Sitio	Localidad	Producción (gMS/m ²)	Cobertura basal (%)	Carga animal (kgMS/ha)	Superficie requerida por unidad animal al año (ha/UA/año)	Agregados del suelo sin cobertura vegetal
1	Autopista Fresnillo (5 km antes de Zorros)	22.0	20.85	188.9	29.64	5.7
2	Zorros	44.4	8.35	443.9	12.61	6.0
3	Rancho Grande	35.6	20.00	356.4	15.71	6.0
4	Flores García	14.8	25.83	147.5*	37.97	4.5
5	Carr. Nieves Camacho km 12	65.1	26.67	651.1	8.60	5.7
6	Ignacio Allende	26.1	25.00	261.1	21.44	5.5
7	Nueva Australia	15.6	22.50	156.3*	35.82	5.5
8	Mesa de Fuentes	25.5	25.00	255.0	21.96	6.0
9	Rancho La Copa	15.4	23.35	153.8*	36.71	6.0
10	Nicolás Bravo	34.1	16.65	340.7	16.40	5.2
11	Noria de Ángeles	17.7	24.15	176.9	31.65	5.3
12	Ejido Pánfilo Natera	22.8	15.08	227.9	24.57	5.3
13	Viboritas	25.8	33.33	257.5	21.74	5.2
14	Laguna Honda	71.7	39.16	719.5	7.78	5.8
15	Rancho Marengo	31.6	35.00	315.9	17.72	5.7
16	Ejido Calera	49.2	31.67	491.6	11.39	5.7
17	Benito Juárez	53.0	20.85	636.7	8.79	5.8

En negritas los valores máximos y mínimos.

* Localidades con carga animal crítica.

Fuente: elaboración propia.

productores regulen la carga animal, con el fin no solo de obtener un manejo rentable y reducir el

riesgo de pérdida de su ganado, sino también para contribuir a la conservación de este ecosistema.

Referencias

- Chanasyk, D.S. y C.P. Woytowich. 1987. Sediment yield as a result of snowmelt runoff in the Peace River Region. *Canadian Agricultural Engineering* 29:1-6.
- Gutiérrez, R., G. Medina y M.D. Amador. 2004. Estado actual de los pastizales de la zona central del estado de Zacatecas. En: *IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Las Delicias, Zacatecas.
- . 2007. *Carga animal del pastizal mediano abierto Zacatecas*. Campo experimental Zacatecas-INIFAP, México.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper y C.H. Herbel. 2011. *Range Management, Principles and Practices*. Prentice Hall, Nueva Jersey.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, Serie IV (continuo nacional)*. INEGI, Aguascalientes.
- Navarro, J.M., D. Galt, J. Holecheck *et al.* 2002. Long-term impacts of livestock grazing on Chihuahuan Desert rangeland. *Journal of Range Management* 55:400-450.
- NRC. National Research Council. 1994. *Rangeland health: new methods to classify, inventory, and monitor rangelands*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Oesterheld, M., J. Loreti, M. Semmartin y J.M. Paruelo. 1999. Grazing, fire and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. En: *Ecosystems of disturbed ground*. L. Walker (ed.). Elsevier, Amsterdam, pp. 287-306.
- Pellant, M., D.A. Pyke, P. Shaver y J.E. Eric. 2005. *Interpreting indicators of rangeland health, version 4*. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of the Interior/Bureau of Land Management/National Science and Technology Center, Denver.

Reintroducción del berrendo (*Antilocapra americana*)

Gustavo Cervantes González • David Morales Pánuco • Héctor Ávila Villegas

El berrendo (*Antilocapra americana*; figura 1) es considerado el único “antílope” del Nuevo Mundo. Presenta una longitud corporal de 1.30 a 1.50 m, una altura a la cruz de 70 a 80 cm y un peso de hasta 70 kg en los machos y 55 kg en las hembras (O’Gara 1978). Son animales relativamente robustos, con cuernos negros en ambos sexos, planos y perpendiculares, y con la punta dirigida hacia adentro. Un elemento característico de esta especie es la presencia de una amplia mancha blanca alrededor de la región caudal, cuyos pelos se erizan a la menor señal de alarma (O’Gara 1978).

En México se reconocen en la actualidad tres subespecies que se localizan en pequeños grupos ais-

lados: el berrendo mexicano (*Antilocapra americana mexicana*) en los estados de Chihuahua y Coahuila; el berrendo sonorensis (*A. a. sonorensis*) en Sonora y el berrendo peninsular (*A. a. peninsularis*) en Baja California Sur (Hall 1981).

En el transcurso del siglo pasado el berrendo mexicano desapareció de 81.9% de su área de distribución geográfica original. Esto se debió principalmente a la pérdida, alteración y fragmentación del hábitat, así como a la cacería ilegal y a la depredación por coyotes (*Canis latrans*; González-Romero y Lafón Terrazas 1993), por lo que en la actualidad se le considera en peligro de extinción (SEMARNAT 2010).



Figura 1. Macho adulto de berrendo (*Antilocapra americana*). Fotos: Gustavo Cervantes.

Cervantes G., D. Morales Pánuco y H. Ávila-Villegas. 2020. Reintroducción del berrendo (*Antilocapra americana*). En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 467-469.

La distribución actual comprende los estados de Baja California Sur, Coahuila, Sonora y Chihuahua. Algunas de las poblaciones fueron recuperadas a través de la reintroducción, por ejemplo las de Coahuila (SEMARNAT y CONANP 2009).

Reintroducción del berrendo en el estado

Con el propósito de recuperar las poblaciones de berrendo en México, desde 1999 se inició un proyecto de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable entre instituciones mexicanas y de Estados Unidos, el cual incluye su reintroducción en áreas de distribución histórica, como el estado de Zacatecas en el Altiplano mexicano. Por parte de México participaron la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS), el Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (CIBNOR) y el Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas.

En 2006, con la participación de la Asociación de Manejadores de Vida Silvestre (AMIVIASI) y el propietario del rancho El Bonito, ubicado en el municipio de Ciudad Acuña en el estado de Coahuila,

se donaron 38 crías que se trasladaron al rancho El Tulillo en el municipio de Mazapil, Zacatecas. De estos individuos, 32 sobrevivieron durante el primer año y, un año después, se reubicaron en este mismo rancho 150 ejemplares provenientes de Wyoming, EUA.

Entre 2006 y 2007, del total de individuos trasladados sobrevivieron únicamente 23 debido principalmente a enfermedades gastrointestinales y a la falta de conocimiento en el manejo de la especie. Hasta 2013 se registraron 21 crías (figura 2) y para 2014 se contaba con cinco generaciones de crías con un total de 44 ejemplares (Macías Patiño 2014). Dicha información ha sido obtenida a partir de reportes aislados, ya que este programa se detuvo desde 2008 por diversas circunstancias.

Conclusiones y recomendaciones

El proceso de reintroducción de especies extintas es complicado y requiere de la participación de diferentes disciplinas que contemplen los requerimientos para alcanzar los objetivos deseados,



Figura 2. Crías de berrendo nacidas en el estado. Foto: Gustavo Cervantes.

a lo que se deben sumar los esfuerzos de todos los sectores de la sociedad. En el caso de la reintroducción del berrendo se requirió de muchos esfuerzos y se detectó que principalmente dos aspectos fueron cruciales para la continuidad del proyecto: en primera instancia hizo falta difusión y concientización en las comunidades donde se realizó la reintroducción y, en segundo lugar, el seguimiento de las autoridades de los tres niveles de gobierno debe ser continuo y considerar los programas y presupuestos anuales como proyectos

Referencias

González-Romero, A. y A. Lafón Terrazas. 1993. Distribución y estado actual del berrendo (*Antilocapra americana*) en México. En: *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. R.A. Medellín y G. Ceballos (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., México, pp. 409-420.

Hall, E.R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and Sons, Nueva Jersey.

Macías Patiño, M.J. 2014. Responsable del Laboratorio de Análisis Especiales, Universidad Autónoma de Zacatecas. Comunicación personal.

transexenales. A pesar de estas limitaciones se obtuvieron resultados positivos, ya que se adquirió conocimiento en el manejo de la especie, que fue uno de los principales problemas, lo que se plantea retomar una vez que se hayan afinado los detalles que se observaron en 2006 y 2007.

Es importante que este tipo de programas se aborden desde un punto de vista integral y no solo dirigir los esfuerzos en la recuperación de una especie en un determinado ecosistema, sino enfocarse en la recuperación de todo un ecosistema.

O'Gara, B.W. 1978. *Antilocapra americana*. *Mammalian species* 90:1-7.

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. Texto vigente.

SEMARNAT y CONANP. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2009. *Programa de acción para la conservación de la especie: berrendo (Antilocarpa americana)*. SEMARNAT/CONANP, México.

Educación ambiental formal

Manuel Hernández Ramírez • Daniel Hernández Ramírez

La educación formal es aquella que se imparte en instituciones formales de educación y que comprende desde un programa de estudios con objetivos, temáticas y aprendizajes esperados, hasta actividades sugeridas (Perrenoud 1999). La educación ambiental (EA) en esta modalidad se imparte con el objeto de desarrollar conocimientos, hábitos, actitudes y valores en favor del cuidado del medio ambiente (Schmelkes 2004). Es reconocida oficialmente y se sugiere que tenga continuidad y transversalidad con otras asignaturas como ciencias naturales, español, historia, geografía, entre otras (SEP 2008).

Los esfuerzos más relevantes en esta materia se dieron a partir del ciclo escolar 2003-2004 impulsados por la Secretaría de Educación del Estado de Zacatecas (SEDUZAC). Se ofertaron a la población de toda la entidad dos programas, uno denominado “Educación ambiental en preescolar y primaria” para el nivel básico y “Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado de Zacatecas” para nivel secundaria.

El programa inició en el ciclo 2003-2004 en el nivel primaria; posteriormente, en el ciclo escolar 2006-2007, se inició el programa en nivel preescolar con un notable impacto. Después, a solicitud de los docentes de secundaria, se implementó un segundo programa en ese nivel (2008-2009), el cual fue diseñado en el Departamento de Programas de Desarrollo y dictaminado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para cuatro ciclos escolares (SEP 2009). A continuación se describen los avances en materia de educación ambiental formal en el estado.

Educación ambiental en preescolar y primaria

En el 2003 se inició la implementación de la propuesta pedagógica denominada “Educación

ambiental en primaria” y el libro de texto *Mi libro de educación ambiental para quinto grado* (SEC 2003). En esta fase de exploración o prueba participaron 197 escuelas, 4 142 alumnos, 234 docentes y 60 padres de familia del nivel primaria (cuadro 1). Después de esta prueba se rediseñó el programa y se implementó en todo el estado. Las fluctuaciones que se observan en el número de alumnos como en la cantidad de escuelas y maestros, van en función de los intereses y apoyos hacia el programa por parte de autoridades estatales.

El desfase en el ingreso del nivel de preescolar es el reflejo de la motivación e involucramiento por parte del personal de las primarias; en ese momento se tuvo la inquietud del nivel preescolar de recibir también los beneficios del programa y de diversas actividades relacionadas (cuadros 2 y 3).

El programa “Educación ambiental en preescolar y primaria” está dirigido a los niveles básicos, concretamente a la población de alumnos de 3º y 5º grado de preescolar y primaria, respectivamente, bajo la coordinación general de un responsable estatal y un apoyo técnico del Departamento de Programas de Desarrollo de la Secretaría de Educación y Cultura (SEC). Además, se contó con el apoyo de enlaces técnicos de las regiones educativas del estado que lo solicitaron. Así, el programa se llevó a cabo en nueve de las 13 regiones del estado.

En preescolar, el programa fue de fortalecimiento del campo formativo “Exploración y conocimiento del mundo” y los temas que se desarrollaron fueron:

- Contaminación del aire.
- Contaminación del agua.
- Contaminación del suelo.
- Pérdida de la biodiversidad.

Hernández Ramírez, M. y D. Hernández-Ramírez. 2020. Educación ambiental formal. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 470-473.

Cuadro 1. Número de participantes por ciclo escolar y por nivel educativo en los programas “Educación ambiental en preescolar y primaria” y “Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado de Zacatecas”.

	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Preescolar									
Escuelas				100	95	90	80	98	75
Maestros				200	135	129	155	146	127
Alumnos				6 000	4 005	3 870	3 750	4 380	3 810
Primaria									
Escuelas	197	478	305	325	300	205	170	210	170
Maestros	234	600	450	591	520	380	695	1 100	510
Alumnos	4 142	18 000	13 000	14 775	12 000	9 000	20 850	25 000	15 000
Secundaria									
Escuelas						65	70	100	190
Maestros						100	107	201	240
Alumnos						3 000	3 500	6 030	7 200

Fuente: Departamento de Programas de Desarrollo de la SEDUZAC.

El programa en primaria fue de fortalecimiento curricular, concretamente de apoyo al área de ciencias naturales. Las temáticas que se manejan fueron:

- El contexto ambiental.
- Zacatecas y su ambiente natural (ecosistemas).
- Pérdida de la biodiversidad.
- Todavía tenemos tiempo.
- Contaminación del agua.
- Contaminación del suelo.
- Contaminación del aire.
- Enfermedades provocadas por fecalismo.
- Deterioro de ecosistemas por incendios.

Los materiales de apoyo que se distribuyeron, además del programa, fueron: antología de apoyo, libro de texto, CD y DVD diversos. Cabe mencionar que la participación de las escuelas en el programa fue voluntaria, la cual se realizó a través de una cédula de inscripción que se entregó en la región correspondiente.

Para la implementación del programa se contó con el apoyo de coordinadores ambientales (por lo general uno federal y otro estatal) en las regiones educativas, además de un responsable nombrado por cada escuela (el maestro del grupo anfitrión de 5º grado).

Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado

Este programa inició en secundaria, a partir del ciclo 2008-2009, y fue diseñado en el Departamento de Programas de Desarrollo y dictaminado por la Dirección General de Desarrollo Curricular de la SEP para los cuatro ciclos escolares siguientes (SEP 2009). Tuvo las siguientes metas: 1) capacitar a los docentes que operarán el programa, 2) lograr la mayor participación de escuelas posible, 3) lograr la participación activa de los alumnos en la realización de actividades de protección del medio ambiente y 4) involucrar a alumnos, docentes y padres de familia en las acciones del programa. Se implementó como asignatura estatal: Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado de Zacatecas y fue dirigida a alumnos de primer grado.

Los bloques temáticos desarrollados fueron:

- Mi relación con la naturaleza.
- Recursos naturales de Zacatecas.
- Ecosistemas y biodiversidad del estado.
- Crisis ambiental.
- Desarrollo sustentable.

La metodología propuesta fue mediante proyectos, el desarrollo de hábitos y actitudes, y la formación de valores (cuadros 2 y 3). Los materiales de apoyo entregados fueron: el programa,

Cuadro 2. Acciones relevantes desarrolladas en los programas “Educación ambiental en preescolar y primaria” y “Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado de Zacatecas”.

Acciones
Conferencias y talleres de apoyo a docentes, alumnos y padres de familia participantes en el programa
Conmemoración de fechas relacionadas con el medio ambiente
Reunión a medio ciclo con coordinadores regionales del programa
Presentación de proyectos de las escuelas en las fases regional y estatal
Foro estatal “Los niños zacatecanos cuidamos nuestro medio ambiente”
Participación de alumnos en el congreso internacional “Los niños por el medio ambiente”, en Cozumel, Quintana Roo
Participación de alumnos en la Cumbre Morelense por el Medio Ambiente (CIMMA)
Parlamento ambiental “Los niños por el medio ambiente zacatecano”
Reunión de evaluación estatal con coordinadores regionales del programa

Fuente: Departamento de Programas de Desarrollo de la SEDUZAC.

Cuadro 3. Cursos y talleres de apoyo realizados en los programas “Educación ambiental en preescolar y primaria” y “Educación ambiental para la sustentabilidad en el estado de Zacatecas”.

Taller	Institución que imparte
Encaucemos el agua	SEMARNAT
Escuela limpia	SEMARNAT
Promotores de la cultura forestal	CONAFOR
Reciclaje de papel	SEDUZAC
Reutilización de plásticos y aluminio	SEDUZAC
Construcción de un modelo de casa bioclimática	SEDUZAC

Fuente: Departamento de Programas de Desarrollo de la SEDUZAC.

la antología de apoyo, CD y DVD diversos. En este programa, la participación de las escuelas también fue voluntaria a través de una cédula de inscripción que se entregó en la región correspondiente. Asimismo, para la logística se contó con el apoyo

de coordinadores ambientales (federales y estatales) que llevaron el programa en las regiones educativas; en cada escuela secundaria el grupo anfitrión fue el primer grado.

Conclusiones y recomendaciones

La educación ambiental es imprescindible para fomentar entre la población una cultura de cuidado y protección del medio ambiente. En Zacatecas, la educación ambiental formal presenta un nivel bajo de desarrollo. Por ejemplo, tan solo de 15 a 20% del total de escuelas implementan los programas de educación ambiental a nivel preescolar, primaria y secundaria, por lo que la participación es escasa, considerando además que no siempre son las mismas. Esto se debe, en parte, a la gran cantidad de programas y proyectos que se ofertan en las escuelas, lo cual provoca que su participación en el programa de educación ambiental sea insuficiente.

Es fundamental inculcar en los alumnos del nivel básico el cuidado de la biodiversidad. En este sentido, la SEDUZAC y otras instituciones, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT) y el Instituto de Ecología y Medio Ambiente (IEMAZ, ahora Secretaría del Agua y Medio Ambiente SAMA), han sido primordiales en crear consciencia y fomentar una cultura ambiental entre los habitantes del estado.

Se propone que la educación ambiental se implemente en todos los niveles y modalidades, así como que exista una mejor colaboración y coordinación para la realización de diversas actividades, proyectos y programas entre las instituciones involucradas en el medio ambiente, como SAMA, CONAFOR, SEMARNAT, CONANP, CONAGUA, CEAPA y COZCYT.

Se propone, además, que exista un foro cada año a nivel estatal, en el que participen docentes, alumnos, padres de familia y las instituciones involucradas. Y finalmente, se considera fundamental la creación de un centro para la educación ambiental

donde se realicen actividades, como plantación de árboles y conocimiento de la flora y fauna, para

que los alumnos observen de manera directa las especies que son nativas de Zacatecas.

Referencias

- Schmelkes, S. 2004. *La formación de valores en la educación básica (Biblioteca para la actualización del maestro)*. SEP, México.
- SEC. Secretaría de Educación y Cultura. 2003. *Mi libro de educación ambiental en primaria 5to Grado*. Editorial Progreso, México.
- SEP. Secretaría de Educación Pública. 2008. *La educación ambiental en la escuela secundaria*. CONALITEG, México.
- . 2009. *Asignatura Estatal: Educación Ambiental para la Sustentabilidad en el Estado de Zacatecas*. CONALITEG, México.
- Perrenoud, P. 1999. *Construir competencias desde la escuela*. Dolmen Ediciones, Santiago de Chile.
- SEMARNAT. 2007. *¿Y el medio ambiente? Problemas de México y el mundo*. Editorial Progreso, México.

Educación ambiental no formal

Claudia Eloísa Ramírez Rivera • Erika Araceli Corona de Ávila

La educación ambiental es un proceso permanente que supone conocimiento, información, análisis y continuidad para que las personas y la colectividad tomen conciencia de las interrelaciones entre el ser humano y el medio ambiente, en sus aspectos físicos, biológicos, químicos, sociales, económicos, políticos, psicológicos y culturales. Dicho proceso supone una visión integral y la adquisición de habilidades necesarias para asegurar una relación sostenible con los ecosistemas, valorando el planeta y llevando a cabo acciones presentes que no comprometan el futuro (Criado-González *et al.* 2002). Puesto que esta creciente formación de una conciencia ambiental, tanto en la sociedad civil como en las instituciones, es prerequisite de una gestión ambiental verdaderamente exitosa, la educación ambiental encuentra disposiciones desde el marco constitucional (Brañes 2000).

La educación ambiental se divide en tres tipos: la educación formal, la educación no formal y la educación informal (Criado-González *et al.* 2002). En Zacatecas, la educación ambiental ha sido relativamente nueva y se ha realizado principalmente en el ámbito de la “educación no formal”, es decir, de aquella que se genera desde el campo asociativo, de tiempo libre, de animación sociocultural y de educadores sociales. No obstante, también existen avances en la educación ambiental formal o educativa, así como en la informal, a través de los medios de comunicación, la implementación de campañas y la organización de eventos con impacto ambiental (Criado-González *et al.* 2002).

En este capítulo se dan a conocer, de manera general, los diversos espacios, programas y campañas impulsados por algunas dependencias de la administración pública estatal, asociaciones civiles, colonias y comunidades de los municipios

del estado, a partir de las cuales se implementa la educación ambiental no formal en el estado con énfasis en la biodiversidad.

Educación ambiental no formal

En Zacatecas, las instituciones o grupos que han estado llevando a cabo los diversos programas y campañas de educación ambiental no formal pertenecen al sector gubernamental, la sociedad civil organizada y el sector privado. A continuación se describen las acciones emprendidas por cada uno de ellos (cuadro 1).

Sector institucional

Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA).

Subsecretaría del Agua

Hasta 2013 esta área era parte de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, misma que había realizado capacitaciones en el tema de cultura del agua, con base en el libro *Descubre una cuenca: río Santiago*, resultado de la colaboración con los servicios de salud de Zacatecas y la delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el estado, así como con el texto *¡Encaucemos el agua!*, en el que manejan tres temas relativos a la biodiversidad. Todo esto se llevó a cabo en localidades rurales del estado a partir de la dotación del servicio de agua potable, ya que implica un cambio cultural (cuadro 2).

Subsecretaría de Medio Ambiente

La Red de Municipios Sustentables se conformó a partir de la convocatoria que el entonces Instituto de Ecología y Medio Ambiente (IEMAZ) hizo

Ramírez Rivera, C.E. y E.A. Corona de Ávila. 2020. Educación ambiental no formal. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 474-480.

Cuadro 1. Programas de educación y cultura ambiental no formal.

Instancia	Programa	Actividad	Recurso didáctico	Tipo de público
Sector Institucional				
Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA)	Capacitación en cultura del agua y aspectos sanitarios	Se trabaja en aspectos educativos necesarios para la preservación del recurso del agua, el cuidado del medio ambiente, así como la sustentabilidad de los servicios	Capacitaciones y los libros <i>Descubre una cuenca: río Santiago. Guía para educadores y ¡Encaucemos el agua! Currículum y guía de actividades para maestros</i>	Usuarios del servicio de agua potable y alcantarillado en áreas rurales del estado
Subsecretaría de Medio Ambiente-SAMA	Red de Municipios Sustentables Red de Vigilantes Ambientales	Capacitaciones permanentes en materia ambiental. Acciones permanentes con impacto ambiental y social	Materiales diversos de capacitación. Seguimiento de actividades ambientales	Público en general
Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación	Campamentos de verano con el tema biodiversidad y programa "Efemérides científicas"	Cada uno de estos campamentos integra al menos 50% de las actividades con contenido científico, en los que de manera transversal se considera el tema de biodiversidad y medio ambiente. En los años 2007, 2008, 2010 y 2012 las temáticas de estos campamentos hicieron alusión más específica al tema	Talleres, conferencias, juegos, experimentos, transmisión de videos, obras de teatro, conferencias, cápsulas de radio, etc.	Niños y niñas entre 4 y 12 años
	Talleres con las temáticas: • Herbario • El rap de la biodiversidad • Cuentos de biodiversidad • Lista Roja de especies en peligro • El animal extinto • Máscaras de animales • Lapiceras de animales • Insectario • La mariposa monarca • Tornado de fuego Conferencias magistrales	Se ofrecen talleres y conferencias a escuelas o grupos que así lo soliciten	Talleres, rompecabezas sopa de letras, laberinto y conferencias magistrales	Niños, niñas y jóvenes de educación básica, media y media superior
	Divulgación en diversas publicaciones locales y nacionales	Publicación de artículos en las revistas <i>Suite Magazine</i> , <i>e-volución</i> y en la revista del propio consejo denominada <i>Eek</i> ; colaboración en el programa radiofónico <i>Chinchilaguas</i>	Artículos, colaboraciones y cápsulas radiofónicas	Público con educación media superior y superior
Organizaciones de la sociedad civil				
Tlanempan A.C.	Foros y obras de teatro	Representaciones teatrales en escuelas de educación básica y media, así como en comunidades	Volantes	Público en general y estudiantes de nivel básico y medio
Sector privado				
Parque Ecológico Mina Proaño	Actividades a través de senderos dentro de las instalaciones	Visitas guiadas a las instalaciones de la UMA por guías capacitados	Cédulas de identificación en cada uno de los espacios que cuentan con diversas especies de fauna	Alumnos de educación básica, media y media superior y público en general

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Temas y actividades de educación ambiental no formal con enfoque a la biodiversidad llevados a cabo por la SAMA.

Tema	Descripción
¿Qué tienen en común?	Mediante un rompecabezas con imágenes de diversos lugares, y flora y fauna de la cuenca, los estudiantes discuten su importancia y analizan qué tienen en común, las ubican en un mapa y visualizan la localización y componentes de la cuenca: cauce principal, tributarios, nacimiento u origen, desembocadura y parteaguas
Yerba santa, pa' la garganta	Mediante la elaboración de un herbario, los estudiantes identifican algunas plantas medicinales de la cuenca del río Santiago e investigan sobre sus usos y manejo responsable
Y para muestra, basta un árbol	Al coleccionar ramas, hojas, flores y frutos de especies vegetales, los estudiantes reconocen la importancia forestal en la cuenca del río Santiago y aprenden sobre los servicios ambientales que esta ofrece.

Fuente: elaboración propia con datos de SAMA.

a los 58 municipios del estado, de los cuales 31 se encuentran incorporados (figura 1). Entre las responsabilidades deben elaborar un diagnóstico sobre la flora, fauna y características geográficas, sociales y culturales de sus municipios, así como un análisis FODA, el cual refleja la situación interna en materia ambiental de las presidencias municipales. El panorama del desempeño ambiental de los municipios participantes se ha puesto a disposición de la ciudadanía a través de la página de internet de la SAMA (<http://sama.zacatecas.gob.mx>).

Asimismo, estos municipios llevan a cabo actividades de educación ambiental no formal en sus comunidades, tales como: obras de teatro de concientización del bienestar animal; acopio de pilas y PET, que conjuntan con eventos deportivos bajo el nombre "Reciclemos deportivamente"; promoción del liderazgo infantil en materia ambiental, a través de la campaña "Líderes ambientales infantiles"; y



Figura 1. Reunión general de la Red de Municipios Sustentables. Foto: SAMA.

reforestaciones de calidad con árboles de 1 a 2 m de altura en 17 municipios, con el objetivo de generar microbosques.

A partir de la creación de la SAMA y de la Subsecretaría de Medio Ambiente, este grupo de municipios continúa su labor y ha incorporado acciones innovadoras, tales como el desarrollo de un programa denominado "Cuadernón", que consiste en el acopio de papel de cuadernos con hojas útiles para la elaboración de nuevos cuadernos para estudiantes de comunidades en condición de marginación severa. También se está implementando en los municipios que integran la red el Programa de administración sustentable con la finalidad de mejorar la eficiencia en el uso de recursos de la administración municipal y reducir el consumo y el gasto de energía, agua y materiales de oficina.

Los ayuntamientos que integran la Red de Municipios Sustentables son: Apozol, Calera, Ciudad Cuauhtémoc, Concepción del Oro, Gral. Enrique Estrada, Gral. Pánfilo Natera, Fresnillo, Guadalupe, Jalpa, Jerez, Jiménez del Teúl, Juchipila, Loreto, Mazapil, Miguel Auza, Momax, Monte Escobedo, Morelos, Nochistlán, Ojocaliente, Pinos, Río Grande, Sombrerete, Susticacán, Tabasco, Tlaltenango, Villa de Cos, Villa González Ortega, Valparaíso, Villanueva y Zacatecas, los cuales llevan a cabo las campañas arriba descritas, por lo que las actividades y la difusión de programas ambientales se extiende a la mayor parte del estado a través de las comisiones y áreas de ecología y medio ambiente.

Gestores ambientales

Impulsada por la SAMA, esta red, antes denominada Vigilantes Ambientales, involucra a todas aquellas personas que se capacitan cotidianamente sobre temas ambientales y que de manera sincera y voluntaria se integran a las actividades de conservación y protección ambiental. Con esto se logra establecer una interrelación entre la cultura ambiental y la sociedad para concientizar a las personas sobre diversos temas, como el cuidado del agua, la importancia de reciclar, el consumo responsable, el rescate de áreas verdes, el cuidado y conocimiento de la flora y fauna, entre otros. De esta manera, la sociedad se convierte en parte de la solución de los problemas ambientales que se presentan en su entorno.

Hasta el cierre del año 2012 se contaba con 2 737 vigilantes ambientales en 31 municipios del estado, mismos que han sido capacitados en temas de flora y fauna de la región, y quienes a través de su registro y labor difunden las acciones de cuidado del medio ambiente, como el reforzamiento del programa de conservación del águila real (*Aquila chrysaetos*) y el de reintroducción del perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*) en el estado, coordinados por la Dirección de Biodiversidad de la Subsecretaría de

Medio Ambiente. De esta manera, los gestores ambientales se han convertido en sujetos de cambio y han provocado la movilización de un gran número de ciudadanos dentro de sus colonias, barrios y comunidades, logrando transformaciones culturales importantes y obteniendo resultados significativos, además de promover entre otros ciudadanos el compromiso de colaborar en la solución de diversas problemáticas (figura 2). El funcionamiento de esta red se monitorea y evalúa a partir de una serie de indicadores de desempeño (cuadro 3).

Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e Innovación (COZCYT)

El COZCYT, conforme lo dispuesto en la Ley de Ciencia y Tecnología del Estado de Zacatecas, debe realizar acciones tendientes a la aplicación de la ciencia y la tecnología, entre otros, para el mejoramiento de los procesos ambientales. En cuanto al tema de biodiversidad lo abordan principalmente en tres vertientes:

- desde los ocho campamentos de verano realizados de 2005 a 2012, siendo en el año 2010 el campamento denominado “Biodiverzigzag”, con cobertura principalmente en los municipios de Zacatecas y Guadalupe;

Cuadro 3. Indicadores de desempeño de la Red de Vigilantes Ambientales promovida hasta 2012 por el IEMAZ.

Indicador	2011	2012	Total acumulado
Vigilantes registrados	840	1 897	2 737
Vigilantes capacitados	344	830	1 174
Participantes en campañas estatales convocadas por el IEMAZ	7 201 (“Reciclemos” 1 710; “Líderes” 5 280; “Reciclón” 211)	11 564 (“Reciclemos” 2 860; “Líderes” 6 000; “Reciclón” 2 704)	18 765 (“Reciclemos” 4 570; “Líderes” 11 280; “Reciclón” 2 915)
Actividades individuales	438	497	935
Eventos estatales con convocatoria abierta (masiva)	9	10*	19
Gestión e Impulso a demandas ciudadanas	31 capacitaciones y 1 conferencia/ taller (“¿Y tú qué haces por el medio ambiente?”), dirigidas a 2 mil personas	63 capacitaciones dirigidas a 5 mil personas	94 capacitaciones dirigidas a 7 mil personas
Calidad documental e impacto de las actividades realizadas	2 500 ejemplares de la <i>Guía del Vigilante Ambiental</i> , distribuidos en 31 municipios	2 500 ejemplares de la <i>Guía del Vigilante Ambiental</i> distribuidos en 31 municipios	5 mil ejemplares distribuidos en 31 municipios del estado

* Además, dos eventos: uno en coordinación con INMUZA y otro con la SEP.

Fuente: elaboración propia con datos de la SAMA.

- a través del programa de “Efemérides Científicas”, en el cual se realizan actividades de concientización alusivas a fechas conmemorativas, de las cuales destaca la celebración anual del día de la biodiversidad, con actividades como cine científico, talleres y una conferencia relacionada con la flora y fauna locales (esta actividad finalizó en 2012, ya que en 2013 se han fortalecido otras actividades dentro del Centro Interactivo de Ciencias de Zacatecas “Zig Zag”; y

- la publicación en la revista *Eek* del COZCYT de notas de flora y fauna, que a partir del volumen 2 es distribuida de manera impresa y electrónica y a la fecha se cuenta con siete volúmenes publicados (cuadro 4).

Organizaciones sociales

Tlanempan A.C.

Tiene nacimiento a partir de la necesidad de generar conciencia sobre el bienestar de la fauna en el estado. Esta organización fue constituida el 16 de noviembre del 2011 por jóvenes de diversos perfiles profesionales con el objetivo de fomentar el bienestar de los animales en el estado (figura 3). Tiene como actividad principal promover la sensibilización hacia el cuidado y protección de los animales, a través de la proyección del cortometraje denominado *Amigos por siempre*, producido por la organización nacional El Muro, el cual ha sido difundido a más de 200 jóvenes de educación media en la cabecera del estado y en el municipio de Guadalupe.

Iniciativa privada

Parque Ecológico Mina Proaño

Se localiza 60 km al noreste de la ciudad capital, en el municipio de Fresnillo. Fue registrado como unidad de manejo ambiental (UMA) ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con clave de registro INE/CITES-DGVS-CR-IN-0517-ZAC/99. El parque cuenta con 181 ejemplares de 31 especies, entre las que se encuentran aves



Figura 2. Vigilantes ambientales infantiles de Mazapil en campaña de limpieza. Foto: SAMA.

rapaces (*Parabuteo unicinctus*, *Buteo jamaicensis*, *Polyborus plancus*, *Tyto alba*), gato montés (*Lynx rufus*; figura 5), mono araña (*Ateles geoffroyi*), tortuga del desierto (*Gopherus morafkai*), tigre (*Panthera tigris*), jaguar (*Panthera onca*), entre otras. El parque también cuenta con un herpetario con especies de reptiles de la región.

Además de un contacto directo con la naturaleza se ofrecen visitas guiadas a grupos de nivel primaria hasta bachillerato. A través de este parque se han lanzado convocatorias para el reciclaje de plástico, así como se ofertan pláticas sobre el cuidado del medio ambiente en las instituciones educativas de nivel básico y medio, visitas a la planta tratadora de aguas residuales y organización de reforestaciones.

Conclusiones y recomendaciones

En Zacatecas se han generado avances significativos en materia de educación ambiental no formal, con las redes de Gestores Ambientales y de Municipios Sustentables, debido al impacto social y ambiental que han propiciado a través de las actividades realizadas. La meta es consolidar la participación de las escuelas, las universidades, los organismos no gubernamentales, las cámaras de comercio, los colegios y demás instituciones y organismos de los sectores organizados de la sociedad, en programas y actividades vinculados con la educación ambiental no formal, así como de empresas públicas y privadas en el desarrollo de los

Cuadro 4. Actividades COZCYT-Museo Interactivo de Ciencias Zacatecas “Zig Zag”.

Actividad	Temas	Participantes	Rango de edad de los participantes
Campamento “Biodiverzigzag”	Talleres con las temáticas: <ul style="list-style-type: none"> • Herbario • El rap de la biodiversidad • Cuentos de biodiversidad • Lista Roja de especies en peligro • El animal extinto • Máscaras de animales • Lapiceras de animales • Insectario • La mariposa monarca • Tornado de fuego Conferencias con los temas: <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué hablamos cuando nos referimos a la biodiversidad? • ¿Qué es la biodiversidad? • La diversidad de la vida • Componentes de la biodiversidad y • La diversidad genética 		4 a 12 años
Efemérides científicas	<ul style="list-style-type: none"> • 2010. Se llevó a cabo la celebración del Año Internacional de la Biodiversidad con la realización de cine científico, talleres demostrativos y conferencia sobre biodiversidad • 2011. Con la temática del Año Internacional de la Química se llevó a cabo el cine científico, talleres de germinación de una semilla y conferencia sobre la biodiversidad en Zacatecas impartida por el biólogo Daniel Hernández Ramírez • 2012. Con la temática del Año Internacional de las Energías Alternas se realizaron talleres con temas como huellas de carbono, pulmones verdes, aves y flora 	585*	11 a 15 años

* 195 participantes cada año

Fuente: elaboración propia con datos del COZCYT.

programas de educación ambiental y el impulso a proyectos con beneficios y objetivos ambientales.

La meta a lograr dentro de la Red de Municipios Sustentables es mantener a los integrantes actuales con la renovación de convenios de colaboración y



Figura 3. Campaña de bienestar animal 2012. Foto: Tlanempan, A.C.

hacerla extensiva a los 27 municipios restantes para dar continuidad a las campañas con impacto social y ambiental, añadiendo las actividades realizadas a partir de este año. En cuanto a los Gestores Ambientales, se busca promover el fortalecimiento de sus conocimientos técnicos mediante el Programa de capacitación continua, brindada por expertos en temas ambientales, para que los primeros se conviertan en multiplicadores de los conocimientos y habilidades adquiridas, que a su vez propicien un mayor número de personas que sean los agentes de cambio de sus municipios y comunidades.

Finalmente y atendiendo a la relación que la SAMA ha tenido y conserva con algunas empresas mineras, en el rubro de educación ambiental no formal, se les ha invitado a contribuir en el desarrollo de algunas de las campañas que se han realizado, teniendo como resultado una aportación significativa. Asimismo, a través del área de

educación ambiental de la SAMA, se ve como oportunidad la generación de un canal de comunicación con otras áreas estatales para la atención de procesos y en su caso de sanciones.

Quedan muchas cosas por construir, mismas que ya se están encaminando para obtener a un mediano o largo plazo, pues debe recordarse que es necesaria la confluencia de recursos, voluntades y acciones.

Referencias

Brañes, R. 2000. *Manual de derecho ambiental mexicano*. FCE, México.

Criado-González, A., J. de Diego-Alarcón, R. Lamata Cotanda et al. 2002. *Educación ambiental para asociaciones juveniles guía práctica*. Editorial Miraguano, Madrid.



El museo comunitario de Zóquite

Daniel Hernández Palestino

El Museo de Zóquite abrió sus puertas en julio del 2003; se localiza a 16 km de la delegación del mismo nombre, al noroeste del municipio de Guadalupe. Actualmente existen de forma oficial 31 museos comunitarios diseminados en 25 municipios, ocho municipales y dos de carácter religioso (Instituto Zacatecano de Cultura 2013). El desarrollo de los museos comunitarios inicia a principios de la década de los noventa y alcanza su punto organizativo más alto entre 1998-2004, que es cuando se fundan la mayoría de los museos comunitarios en el estado.

La fundación del museo se inserta en este movimiento regional y fue posible gracias a los esfuerzos conjuntos de: a) la comunidad y el ejido de Zóquite, quienes donaron 20 ha al proyecto museográfico y recreativo; b) la sociedad civil organizada que, a través del Centro de Vinculación para el Desarrollo Sustentable, A.C. (CEVDSU), llevó a cabo la gestión de recursos, la investigación etnográfica, museográfica y el trabajo comunitario necesarios; c) los gobiernos federal y estatal, los cuales aportaron recursos económicos provenientes del Programa de desarrollo forestal (PRODEFOR) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como del Fondo y Fomento de las Cadenas Productivas (FIDECAP) de la Secretaría de Economía; y d) la constitución de la asociación civil Parque Ecoturístico Zóquite, A.C., que aglutinó a los distintos actores sociales involucrados en este proyecto sustentable (Hernández 2009).

Aunque el objetivo principal del Museo de Zóquite se enfoca en la recuperación del patrimonio cultural material e inmaterial y en la revalorización del terruño por los habitantes de la comunidad, se gestionó originalmente como un proyecto de aprovechamiento sustentable de los recursos

naturales para recuperar 20 ha de la superficie de agostadero que se encontraban abandonadas, improductivas, e incluso con graves problemas de contaminación por residuos sólidos, erosión y pérdida de su flora y fauna.

El museo comunitario se erigió con las manos de los propios habitantes de la localidad sobre una superficie de mil metros cuadrados y en el marco del proyecto Parque Ecoturístico Zóquite, que comprende las 20 ha cedidas en comodato a la asociación del mismo nombre y el cual representa el principal atractivo. El museo incluye un área de exposiciones temporal y permanente, un jardín botánico con plantas nativas de la región, principalmente cactáceas, una zona de juegos infantiles y un área industrial que alberga el taller artesanal "Textiles de Zóquite".

Entre las principales exposiciones presentadas en este recinto museológico destacan:

- "Pasajes de Zóquite", que fue una muestra de objetos, utensilios, maquinaria y artefactos agrícolas utilizados en la vida cotidiana de los pobladores locales que se exhibieron conjuntamente con ejemplares de animales pertenecientes a la colección zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y que, en el año 2000, recibió durante tres meses a más de 1 400 asistentes, principalmente niños de las escuelas de educación básica de la región, así como a pobladores de la localidad. Esta exposición se montó en el salón parroquial de la iglesia local con una colección facilitada por los ejidatarios y miembros de la población municipal, previo a la construcción del edificio que hoy alberga el Museo de Zóquite y del montaje definitivo de la colección permanente.

- La exposición fotográfica "Toro", visión nítida de Memo García, realizada en 2003, para la

Hernández, D. 2020. El museo comunitario de Zóquite. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 481-483.

cual se montó museográficamente un burladero con butacas simulando una plaza de toros a escala 1:1.

- La instalación artística fotográfica “Tierra yerma” de Lino Dalle Vedove, desarrollada en 2004, que documenta visualmente el drama social de los mineros y campesinos del valle de Uyuni en Bolivia.

- En 2007 se presentó la muestra fotográfica titulada “Ojos suizos en Zacatecas”. Se trata de una colección inédita de 52 imágenes tomadas en 1904 por el fotógrafo de origen zacatecano Enrique Möeller (1884-1945), nacido en la ex hacienda de “La Estanzuela”, ubicada en el municipio Miguel Auza, y exhibida por primera vez en México.

- Por último, destaca la exposición interdisciplinaria “Expo Mamut. Oscar J. Polaco *In Memoriam*”, que documenta los hallazgos de un mamut (*Mamuthus columbi*) y de otras especies pleistocénicas en el arroyo Calabacillas del municipio de Guadalupe. Esta exposición contó con la participación de un grupo de investigación interdisciplinario conformado por paleontólogos, antropólogos, arqueólogos, una agrupación de artistas plásticos y los miembros del museo que desarrollaron dicho trabajo de 2007 a 2010. La muestra tuvo el apoyo de la Secretaría de Turismo del Estado, del Instituto Zacatecano de Cultura “Ramón López Velarde”, del gobierno del estado, de la Unidad Académica de Antropología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el CEVDSU A.C., el Centro para la Conservación del Patrimonio Natural y Cultural de México A.C., la cadena comercial de tiendas Oxxo, la empresa Splintersaurus y la galería de arte Arroyo de la Plata (Museo de Zóquite 2010).

De la “Expo Mamut 2010” derivaron varios productos científico-culturales, como el primer Diplomado Nacional en Paleontología, la historieta infantil “El mamut del arroyo” (Hernández-Palestino y Guzmán-Gutiérrez 2010), un ciclo de conferencias impartidas en las escuelas primarias de la localidad de Zóquite sobre el cambio climático y la biodiversidad, y la organización de talleres

artísticos infantiles enfocados en el arte de la tierra y el medio ambiente.

Entre las distinciones otorgadas al Museo de Zóquite destacan las siguientes: en 2005 fue elegido entre 230 proyectos como uno de los 25 mejores, por lo cual recibió el galardón PYMES (pequeñas y medianas empresas) por parte del gobierno federal (Secretaría de Economía 2005). En octubre del 2009 fue designado sede del “Primer curso de capacitación para líderes de museos comunitarios, zona centro” convocado por la Oficina de la UNESCO (2009) en México. Asimismo, el museo fue seleccionado por el Programa de apoyo a las culturas comunitarias y municipales (PACMYC) dependiente del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, en sus ediciones 2000, 2005 y 2011, para recibir apoyo económico. En 2014, el Museo de Zóquite coprodujo con Conservación Humana A.C. el documental *Salaverna*, realizado por el cineasta Edín Alain Martínez, el cual obtuvo el premio como mejor documental en el Séptimo Festival Internacional de Cine y Foro de Derechos Humanos realizado en la Ciudad de México.

El museo es visitado anualmente en promedio por más de 2 500 personas provenientes de distintas entidades federativas del país y de los estados de California, Chicago y Texas, donde residen los migrantes originarios de Zóquite. La promoción cultural de las actividades de este museo se difunde en publicaciones especializadas y revistas de viajes (Hernández 2009, Burciaga 2011, SRA 2012, México Desconocido 2011, 2012, 2014).

En el contexto estatal y regional, el Museo de Zóquite ha logrado ganar un espacio cultural en comparación con la situación de indefinición institucional que rige a la mayoría de los museos comunitarios de la entidad.

A partir de 2009 ha decrecido en 20% el número de visitantes, debido al desinterés por la participación comunitaria a causa de la crisis económica estructural, el escaso nivel educativo en la enseñanza básica, el efecto social de las tecnologías de mercado y la situación de inseguridad que prevalece en el territorio zacatecano (Museo de Zóquite 2013).

Por otra parte, la reducción del presupuesto público destinado a la cultura y la promoción y vigencia de los recintos comunitarios, representa un elemento

adicional a la serie de obstáculos que estas modestas instituciones deben superar en el día a día para su permanencia y desarrollo.

Referencias

- Burciaga, J. 2011. *Los territorios de la memoria: museos comunitarios del estado de Zacatecas*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes/Gobierno del Estado de Zacatecas/Instituto de Desarrollo Artesanal de Zacatecas, Guadalajara.
- Hernández, D. 2009. Modernismo etnográfico. Patrimonio cultural y experiencia educativa. Un enfoque museístico de la comunidad. En: *Sujetos e instituciones. Más allá de la escuela*. M. Martínez (coord.). Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, pp. 149-179.
- Hernández-Palestino, D. y J.R. Guzmán-Gutiérrez. 2010. *El mamut del arroyo de Calabacillas*. Museo de Zóquite/Centro de Vinculación para el Desarrollo Sustentable, A.C./Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas.
- Instituto Zacatecano de Cultura. 2013. *Relación de museos comunitarios en el estado de Zacatecas*. Subdirección Estatal de Museos, Zacatecas.
- México Desconocido. 2011. Guía especial rutas de Zacatecas. Zóquite y Tacoaleche. *México Desconocido* 149:44-45.
- . 2012. Guía especial museos de Zacatecas. Museo comunitario y parque ecoturístico de Zóquite. *México Desconocido* 50:100-101.
- . 2014. Guía especial toma de Zacatecas. Zóquite. *México Desconocido* 161:101.
- Museo de Zóquite. 2010. *Expo Mamut*. En: <<http://mcomunitariozoquite.blogspot.mx/2010/08/expo-mamut-inauguracion-13-de-agosto.html>>, última consulta: 14 de septiembre de 2013.
- . 2013. *Libro de registro de visitantes*. Museo de Zóquite, Guadalupe, Zacatecas.
- SE. Secretaría de Economía. 2005. Museo ecoturístico Zóquite. En: *Unidos por las PYMES*. Fondo PYMES. Subsecretaría para la Pequeña y Mediana Empresa-SE, México, p. 9.
- SRA. Secretaría de la Reforma Agraria. 2012. *Cuaderno de alternativas y desarrollo y retos del núcleo agrario*. Ejido "Zóquite", Guadalupe, Zacatecas. SRA, México.
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2009. *Capacitación de líderes de museos comunitarios bajo la nueva museología*. UNESCO, México.

Comunicación y difusión ambiental

María del Refugio Vacio de la Torre

La comunicación o difusión ambiental es aquella que se transmite o se genera sin la necesidad de pertenecer a institución alguna, en donde los medios de comunicación, las entidades gubernamentales y organizaciones civiles, difunden saberes acerca del ambiente. Esta pretende desarrollar conciencia en el cuidado y la protección del medio ambiente a través de una conducta de participación activa y mediante el desarrollo de actitudes y convicciones que conlleven a conocer las causas y los efectos de los problemas ambientales (Gil-Pérez *et al.* 2005) Además, ofrece la ventaja de no requerir adscripción a ningún organismo y se genera con experiencias en ámbitos más relajados que los escolarizados; aunque carece de objetivos educativos, se tienen amplias expectativas tanto a nivel personal como comunitario para mantener el ambiente en el que se convive (Giolitto *et al.* 1997).

En México se llevan a cabo diversos proyectos educativos de sensibilización y capacitación, mediante los cuales se busca incidir en la formación de una conciencia medioambiental en la comunidad, que se traduzca en la conservación del entorno natural; estos abarcan desde la divulgación en medios de comunicación masivos hasta la puesta en marcha de campañas de limpieza en las comunidades (SEDUE 1998). En el presente capítulo se hace una reseña de los avances en la educación ambiental informal en el estado.

Los medios de comunicación

En Zacatecas, el desarrollo de programas de educación ambiental informal a través de medios de comunicación, como radio, televisión y prensa, es incipiente; sin embargo, existen algunos esfuerzos que merecen ser reconocidos y cuya continuidad y fomento seguramente detonarán en más y mejores

resultados en favor del cuidado del ambiente y del conocimiento y conservación de la biodiversidad de Zacatecas.

En primer lugar, desde el 2009 la estación Radio Zacatecas, en el cuadrante 97.9 de FM, transmite cada lunes de 10:00 a 11:00 am el programa "Ecología en movimiento" en donde se tratan diversos puntos en materia de medio ambiente, entre ellos el cuidado de la biodiversidad; cuenta con invitados especiales, tanto académicos como del sector gubernamental, involucrados en el tema y por ser un programa semanal se tienen en promedio 550 h de transmisión por año. Entre las temáticas que se han abordado están el perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*), la destrucción de la capa de ozono, el reciclaje y la elaboración de compostas.

Por otra parte, aunque no se tratan propiamente de programas formales de difusión, se ha contado con el apoyo de los medios para la divulgación de campañas ciudadanas en materia del medio ambiente. Por ejemplo, el 6 de junio de 2011, el gobierno del estado, a través de la empresa televisora TV Azteca divulgó una campaña de reforestación y limpieza en la Presa de Infante, municipio de Zacatecas, como parte de la creación del parque Metropolitano, a la que asistieron cerca de 2 500 personas, donde se plantaron 1 990 árboles de las especies palma, cedro, fresno y ciprés, y se recolectaron 13.5 t de basura; a esta campaña también se sumaron la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO).

Igualmente, otra campaña que se ha llevado mediante la invitación de los medios de comunicación

Vacio de la Torre, M.R. 2020. Comunicación y difusión ambiental. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 484-487.

masiva es “Limpiemos México”, en la que se coleccionaron cerca de 3.5 t de basura, con una participación voluntaria de más de 1 500 personas entre niños y adultos.

Finalmente, los diarios locales como *El Sol de Zacatecas*, *Imagen* y *La Jornada Zacatecas*, entre otros, han difundido de manera constante las agendas o actividades de las autoridades o instancias que fomentan el cuidado al medio ambiente, manteniendo el tema vigente ante la opinión pública.

Instituciones gubernamentales

Las instituciones gubernamentales, particularmente aquellas relacionadas con el tema del medio ambiente, son las más activas respecto al desarrollo de programas de difusión e involucramiento de la sociedad (cuadro 1). Por ejemplo, a mediados de la década pasada, en el sexenio comprendido entre el 2005-2011, se implementaron diversos proyectos medioambientales. Entre ellos destaca, en 2009, el Foro Internacional sobre Cambio Climático, cuya meta educativa consistió en impulsar el papel fundamental que tienen niños y jóvenes

en la tarea de revertir los efectos del cambio climático y en el que se tuvieron las conferencias de reconocidos científicos como Mario Molina y el activista Al Gore.

Otro ejemplo es el decreto de protección de la Ruta Huichola en 2009, gracias al cual se preservan en el territorio zacatecano cerca de 650 ha para que esta etnia pueda transitar en su peregrinación tradicional. En el 2010, en el marco del Año Internacional de la Biodiversidad, el gobierno federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y el gobierno del estado, a través del Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas (IEMAZ) y diversos actores de la sociedad civil y el sector académico, ratificaron en la capital del estado su compromiso por la conservación del águila real, mediante un plan integral de conservación a nivel nacional, que incluyó también al perrito de las praderas, entre otras especies. Este mismo año se llevó a cabo el segundo foro de Estrategias contra el Cambio Climático, en cuyas conclusiones destaca la formulación del Plan integral de manejo ambiental.

Cuadro 1. Resumen de acciones gubernamentales de comunicación y difusión sobre la biodiversidad y recursos naturales en el estado.

Nombre del evento	Año	Lugar	Descripción	Organizador
Foro Internacional sobre Cambio Climático	2009	Centro de convenciones, Ciudad Gobierno	Conferencias sobre cambio climático. Se contó con la participación de Mario Molina y Al Gore	Gobierno del estado
Águila real, símbolo vivo de México. 2010 Año Internacional de la Biodiversidad	2010	Museo Rafael Coronel	Se ratificó el compromiso por la conservación del águila real a nivel nacional, mediante un programa integral de protección y conservación	Gobierno federal (SEMARNAT, CONANP). Gobierno del estado (IEMAZ). Sociedad civil, sector académico
Protección de la Ruta Huichola	2011	Palacio de gobierno	Firma de decreto de protección de 650 ha de la Ruta Huichola	Gobierno del estado
Concurso Nacional Infantil y Juvenil sobre Medio Ambiente 2011	2011	Instalaciones de cada una de las escuelas seleccionadas	Se tuvo la participación de 550 niños de diferentes localidades del estado	Gobierno federal (PROFEPA)
Segundo Foro de Estrategias para el Cuidado del Medio Ambiente	2012	Instalaciones de la Feria Nacional de Zacatecas	En sus conclusiones destacó la necesidad de formular un plan integral de manejo ambiental	IEMAZ-UAZ
Red de Vigilantes Ambientales	2012	Teatro Fernando Calderón	Participaron alrededor de 120 personas	Subcoordinación de Educación Ambiental UAZ-IEMAZ

Fuente: elaboración propia.

La PROFEPA, en 2011, invitó a niños y jóvenes a participar en el concurso nacional de dibujo sobre la educación ambiental y beneficio del medio ambiente, que convocó a 550 niños de diferentes localidades del estado. En el 2012 la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en Zacatecas realizó campañas de reforestación en alrededor de 36 082 ha, con una importante participación ciudadana.

Por su parte, el IEMAZ contiene un extenso programa de educación ambiental que abarca distintas actividades, desde recreativas, como concursos de dibujo u oratoria alusivos al cuidado a la naturaleza, hasta campañas de reforestación, en las que se busca involucrar ampliamente a la sociedad. Una nueva e interesante estrategia consiste en impulsar la creación de murales ecológicos en espacios públicos mal aprovechados (por ejemplo, dañados con grafiti). Con ellos se busca fomentar en la población una conciencia de respeto y protección al medio ambiente y difundir aspectos de la naturaleza. Actualmente se realizan murales ecológicos en por lo menos 20 municipios del estado. Además, en coordinación con el Instituto de la Juventud (INJUDEZ) se imparten talleres a jóvenes para que aprendan el arte de la pintura y sean ellos quienes en su municipio, comunidad o colonia puedan impulsar este proyecto.

Del año 2012 a la fecha se ha conformado la Red de Vigilantes Ambientales conformada por ciudadanos con 24 asociaciones civiles en 25 municipios y 17 asociaciones gubernamentales, cuya principal función es el cuidado holístico del medio ambiente.

Instituciones no gubernamentales

A partir de este año, en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), a través del Museo de Ciencias, se llevan a cabo pláticas de extensión sobre el medio ambiente y la biodiversidad, con temas como biodiversidad y sociedad, el paisaje florístico y anfibios y reptiles de Zacatecas, dirigidas a la población en general e impartidas por docentes y alumnos avanzados de las licenciaturas de ciencias biológicas, ciencias de la tierra y carreras afines.

Inicialmente estas pláticas son impartidas aproximadamente cada mes, con la asistencia de entre 50 y 80 personas.

Asimismo, en junio del 2011, la UAZ a través de la escuela de verano ofreció al público en general el primer “Taller sobre mitigación de desastres naturales”, en donde se habló del proyecto de conservación de la biodiversidad del área natural protegida sierra Fría, así como de la conservación, fomento y protección del medio ambiente y los recursos naturales. En este taller se tuvo la participación de 36 personas de cinco escuelas y participaron funcionarios de dos municipios del estado.

Finalmente, es importante mencionar las campañas de limpieza que se llevan a cabo en algunos barrios y calles de la ciudad de Zacatecas y que son convocadas por varias organizaciones de la sociedad civil organizada, como los habitantes de la colonia La Encantada que, por su cercanía al lago del mismo nombre, han organizado incluso la elaboración de composta. Estos esfuerzos, aunque son esporádicos y muy puntuales, representan intentos importantes de cuidar el ambiente, por lo que se debe seguir fomentando y apoyando su realización mediante la difusión y el apoyo logístico de sus actividades.

Conclusiones

Zacatecas presenta un importante rezago con respecto a la difusión de la biodiversidad, su importancia, sus servicios y los beneficios que aportan a la sociedad. Los espacios dedicados en los medios de comunicación a este tema son mínimos comparados con otros asuntos y todavía no se tiene una participación consistente y activismo de la sociedad organizada.

Los pocos esfuerzos que hasta el momento se han llevado a cabo en materia de educación ambiental informal sobre biodiversidad en la entidad, han estado a cargo de diversas instituciones gubernamentales, tanto del nivel federal como del estatal, particularmente de aquellas dedicadas a la gestión de los recursos naturales, como la

SEMARNAT, la PROFEPA, la CONANP, la CONAFOR, la CONAGUA y la Secretaría del Agua y Medio Ambiente del estado (SAMA). Por su parte, el sector académico representado principalmente por la UAZ, yendo más allá de su oferta educativa formal, ha empezado a permear el tema entre la población a través de pláticas a espacios más accesibles.

Cabe mencionar que se observa una tendencia a la concentración de los esfuerzos en la capital del estado y sus zonas de influencia, además de que varios de los eventos, como los congresos, están dirigidos a un público más especializado, por lo que no logran influir en el ciudadano común. No obstante, poco a poco emergen esfuerzos por di-

vulgar el cuidado de los recursos naturales con los que cuenta el estado.

Ante este panorama, es menester impulsar y fortalecer la participación tanto de la sociedad organizada como de los medios de comunicación y del sector privado en la biodiversidad y los recursos naturales, ya que parafraseando al Dr. Cifuentes Lemus “No se cuida lo que no se conoce”.

Si bien es facultad de las instituciones de gobierno realizar campañas de difusión sobre el tema, la sociedad también es responsable de cuidar el capital natural con que cuenta y asegurar su subsistencia en bien de las generaciones presentes y futuras.

Referencias

- Gil-Pérez, D., A. Vilches y J.M. Oliva. 2005. Década de la educación para el desarrollo sostenible, ideas para elaborar una estrategia global. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 2(1):91.
- Giolitto, P., L. Mathot y A. Pardo. 1997. *Educación ambiental en la Unión Europea*. Oficina de Publicaciones de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.

- SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. *Ley General de 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 13 de mayo de 2016.

Percepción de la biodiversidad: la visión de hijos, en edad preescolar, de universitarios de la Universidad Autónoma de Zacatecas

Violeta Liliana Bañuelos Frías • María del Refugio Vacio de la Torre

La infancia es una de las etapas más propicias para modificar la conducta de las personas, pues permite integrar valores culturales, personales, familiares y sociales (Piaget 1986). En materia de la apreciación y conocimiento de la biodiversidad, esta etapa es clave para promover en los niños el amor por la naturaleza y enseñarles a entenderla como la fuente de la vida, salud, alimento, trabajo y recreación (Chavarría 2003). Solo de esta manera se podrán crear generaciones con una noción más amplia sobre el medio natural circundante y formar a los próximos promotores de la protección y la conservación del medio ambiente y su biodiversidad.

Con la intención de evaluar el conocimiento y percepción de la biodiversidad en alumnos del tercer grado de preescolar del Centro de Educación y Cuidado Infantil de la Universidad Autónoma de Zacatecas (CECI-UAZ), donde se brinda servicio de guardería y preescolar a los hijos de trabajadores de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), se realizaron dos entrevistas compuestas por treinta preguntas relacionadas con la biodiversidad y el medio ambiente, durante el semestre de enero-junio del 2011. Las entrevistas se aplicaron antes y después de una serie de exposiciones y pláticas impartidas de manera extracurricular sobre temas como: 1) el planeta Tierra, 2) los seres vivos, 3) la biodiversidad y su importancia, 4) el impacto del ser humano sobre el planeta y 5) las actividades para el cuidado de la biodiversidad y el medio ambiente. Las exposiciones se realizaron

en los salones y áreas verdes de la institución, utilizando un proyector y material didáctico como peluches, mapas, imágenes, juegos, grabadora, hojas, colores y crayones, además de materiales orgánicos (hojas de árbol, ramas, tierra y piedras, entre otros).

Para evaluar las respuestas se asignaron valores: los más altos fueron para aquellas más congruentes y cercanas al conocimiento de la evaluadora, y los más bajos para las que no se relacionaban con la pregunta. Participaron 65 infantes de los tres grupos de tercer grado de preescolar, de los cuales 38 fueron niñas (58.4%) y 27 niños (41.6%), con una edad de entre 5 y 6 años. Se realizaron 25 sesiones de aproximadamente 3 h de duración, durante las que se les expuso un tema específico, se les dio un espacio para preguntas, para que al final los niños realizaran y explicaran un dibujo sobre el tema abordado (figura 1).

Por último se encuestó a 125 padres de familia (se registró su grado académico) y a siete maestros sobre la frecuencia con la que transmitían a los niños conocimientos sobre la biodiversidad y el medio ambiente (siempre, casi siempre, pocas veces y nunca), y se evaluó mediante la escala de Likert (1976).

Se observó una correspondencia muy importante entre el nivel académico de los padres (66% con estudios de licenciatura y posgrado) y la frecuencia de transmisión de conocimientos sobre biodiversidad y medio ambiente (70% de los niños los recibieron siempre y casi siempre).

Bañuelos-F. V.L. y M.R. Vacio de la Torre. 2020. Percepción de la biodiversidad: la visión de hijos, en edad preescolar, de universitarios de la Universidad Autónoma de Zacatecas. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 488-489.



Figura 1. Al término de una exposición los niños realizaban un dibujo de lo aprendido sobre el tema abordado, además de que debían explicar la razón de su diseño. Foto: Carvin Jimena Ibarra de Ávila.

En contraste, el nivel académico de los maestros y la frecuencia con la que transmitieron información a sus alumnos fue ligeramente menor (57% cuenta con estudios de posgrado y 51% de los niños recibieron siempre y casi siempre).

En cuanto a los dibujos que realizaron los niños al final de cada sesión, se observó a lo largo del semestre que, a medida que se avanzaba en las temáticas, incluían cada vez más elementos de la biodiversidad. Además, se advirtió en los tres grupos un incremento significativo ($\chi^2=96.4$)

Referencias

- Chavarría, M.C. 2003. Una educación inicial comprometida con la paz y el desarrollo sostenible. *Educación* 27(2):45-66.
- Likert, R. 1976. Una técnica para la medición de actitudes. En: *Medición de actitudes*. G. Summers (comp.). Trillas, México, pp. 182-193.

en la percepción del conocimiento de biodiversidad y medio ambiente, una vez que recibieron las pláticas extracurriculares.

Con el programa estadístico informático Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) se obtuvieron los promedios de los datos de las entrevistas realizadas (inicial y final) durante la investigación.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados demuestran que la frecuencia con la que los niños de preescolar reciben conocimientos sobre biodiversidad y medio ambiente por parte de sus padres y maestros, incide positivamente en su percepción y valoración de los mismos. No obstante, cuando estos conocimientos se les transmiten de manera sistemática, fuera de su esquema curricular y haciendo uso de materiales didácticos y elementos naturales de su entorno, el entendimiento y sensibilidad hacia estos temas adquiridos incrementan considerablemente.

Por lo anterior, se recomienda ampliamente que las instituciones de cuidado infantil implementen programas extracurriculares para que los niños tengan acceso a la información sobre el cuidado de la biodiversidad y el medio ambiente, lo que contribuirá a una educación integral que conlleve a la formación de personas responsables y proactivas en el cuidado de su entorno.

- Piaget, J. 1986. La primera infancia de los dos a los siete años. En: *Seis estudios de Psicología*. Ed. Biblioteca Planeta, Argentina, p. 55.

Percepción de la biodiversidad y su conservación en la presa San Pedro y área de influencia

María del Refugio Vacio de la Torre

El conocimiento tradicional de la biodiversidad que tienen los pobladores de los alrededores de la presa San Pedro, ubicada en la comunidad Cuauhtémoc del municipio de Ojocaliente, Zacatecas (INEGI 2009), les ha permitido hacer uso de diversos productos y servicios. Este tipo de conocimiento es una de las manifestaciones de su diversidad cultural y es también la pauta para la valoración y la conservación de sus recursos naturales, ya que su principal actividad económica es la agricultura de subsistencia y en menor medida la ganadería. En otras palabras, las personas aprecian la biodiversidad en términos de su importancia económica y su repercusión social (Heywood y Watson 1995, De Alba y Reyes 1998).

Con la intención de conocer su percepción sobre la biodiversidad se realizó una encuesta a 186 personas (112 mujeres y 74 hombres) elegidas aleatoriamente en sus hogares o en las calles del pueblo, a las que se preguntó lo siguiente:

- su entendimiento (dominio semántico) de los conceptos “biodiversidad” y “medio ambiente” (López 2005), para que contestaran palabras que se asociaran a los dos conceptos;
- sus fuentes de información sobre dichos temas;
- las principales plantas y animales de la región, sus beneficios o afectaciones a las personas y si enfrentan problemas de conservación; y
- las principales afectaciones al medio ambiente.

La población encuestada tenía una edad promedio de 42 años. La mayoría se ocupaba del hogar (69%) y había empleados de sectores diversos

(30%), entre los cuales una pequeña parte (11%) eran agricultores. Setenta y tres por ciento cursaron los niveles de primaria y secundaria, mientras que 12% y 6% contaban con estudios de preparatoria y licenciatura, respectivamente. Finalmente, 9% no tenía escolaridad alguna.

Sesenta y nueve por ciento de la población asoció el concepto de “biodiversidad” a términos adecuados de la biología, mientras que 31% proporcionó conceptos no afines. Para “medio ambiente” se observó 91% de asociación acorde al campo semántico de la biología y solo 9% dio definiciones erróneas. Cabe mencionar que se observó que a menor escolaridad existe menor grado de asociación con los dos conceptos.

De los encuestados, 35% refirió que la información relativa al conocimiento de las plantas y animales la obtiene a través de los medios de comunicación, principalmente la televisión; 30% de la familia; 22% de la escuela; mientras que 13% de amigos y exploraciones en campo. Por su parte, las cinco plantas que reconocieron como típicas de la región son: el mezquite, el nopal, el huizache, el pirul y el durazno, en orden de mención. Mientras que para la fauna de la región reconocieron en orden de referencia al coyote, venado, jabalí, las serpientes en general y al gato montés. En cuanto a las plantas medicinales, 89% reconoció algunas, siendo el árnica y la hierbabuena las más nombradas como remedios para enfermedades musculares y estomacales, respectivamente. En lo referente a animales silvestres que causan daño a

Vacio de la Torre, M.R. 2020 . Percepción de la biodiversidad y su conservación en la presa San Pedro y área de influencia. En: *La biodiversidad en Zacatecas. Estudio de Estado*. CONABIO, México, pp. 490-491.

la comunidad, mencionaron principalmente al coyote como responsable de las pérdidas de ganado, seguido del jabalí que afecta a los cultivos y, por último, las serpientes venenosas por sus afectaciones a personas y animales.

Sobre especies vegetales con problemas de conservación, 36% de los pobladores reconocieron al laurel y la biznaga, lo cual coincide con la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que 64% desconoció si existen especies de plantas con problemas de conservación en la región. Para el caso de los animales, 61% reconoció principalmente al venado, al coyote y al águila, como especies con problemas de conservación.

En lo que respecta al daño al ambiente, 82% de los encuestados reconoció que es causado por

la contaminación del suelo por basura, del aire por las emisiones de las ladrilleras y, en menor medida (18%), por las emisiones de gas ocasionadas por el transporte, los incendios forestales o bien por quema de basura.

Este trabajo reúne información sobre el conocimiento de la biodiversidad que tienen los habitantes de la comunidad de Cuauhtémoc, con la finalidad de elaborar estrategias de difusión hacia el cuidado de la riqueza biológica que poseen, así como del medio ambiente, para incrementar la conciencia acerca de su interconexión con los ciclos ecológicos, fomentar una ética ecológica y promover una relación armónica con su entorno natural.

Referencias

De Alba, E. y M.E. Reyes. 1998. Valoración económica de los recursos biológicos del país. En: *La diversidad biológica de México. Estudio de País*. CONABIO, México.

Heywood, W. y R.T. Watson. 1995. *Global biodiversity assessment*. UNEP/Cambridge University Press, Inglaterra.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. *Anuario estadístico de Zacatecas 2009*. INEGI, México.

López, A. 2005. Fundamentos biológicos del lenguaje. El lenguaje: ¿producto biológico o cultural? En: *Conocimiento y lenguaje*. A. López y B. Gallardo (eds.). Universidad de Valencia, España, p. 53.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Autores

Acosta Cabrera Yasmín

Adame González Miguel
adagon_9@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Aguilar Ortega Francisco

Ahumada Carrillo Iván Trinidad
lepidus320@hotmail.com
Biodiverso, A.C.

Almaraz Llamas Luis Ignacio
nacho.89.77@hotmail.com

Alvarado Medellín Pedro
ampedro@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Alvarado Rodríguez Miguel
mialvaro2909@hotmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Avelar Mejía José de Jesús

Avila Herrera Lucía
luavila370@gmail.com
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ávila Villegas Héctor
hector.avila@aguascalientes.gob.mx
Gobierno del Estado de Aguascalientes

Báez Montes Oscar
biologo.oscar.baez@gmail.com
Universidad Autónoma de Guadalajara

Balderas Hernández Victor Emmanuel
victor.balderas@ipicyt.edu.mx
Instituto Potosino de Investigación Científica
y Tecnológica, A.C.

Ballesteros Barrera Claudia
bbc7@xanum.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Balleza Cadengo José de Jesús
ballezac@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Bañuelos Alamillo Jorge Alberto
Gobierno del Estado de Zacatecas

Bañuelos Frías Violeta Liliana
banuelos.violeta@colpos.mx
Colegio de Postgraduados

Blancas Mosqueda Marisol
blancasmarisol@gmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Blanco Macías Fidel
Universidad Autónoma Chapingo

Bryson Jr. Robert William
Universidad de Washington Seattle

Bueno Sánchez Eramis

Carbajal Márquez Rubén Alonso
redman031@hotmail.com
Conservación de la Biodiversidad
del Centro de México, A.C.

Carrillo Carlos

Carrillo Lara Diana Estephanie
dpepper.1120@gmail.com
Instituto de Ecología A.C.

Castillo del Moral Ranulfo
Universidad Veracruzana

Cervantes González Gustavo
gucegozac@hotmail.com

Cervantes Reza Fernando Alfredo
fac@ib.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Corona de Ávila Erika Araceli

Corona Santiago Diushi Keri
diushi.keri.c@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Cruz Angón Andrea
acruz@conabio.gob.mx
Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad

Cuervo Robayo Ángela Patricia
ancuervo@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Cupul Magaña Fabio Germán
fabiocupul@gmail.com
Universidad de Guadalajara

De la Cruz Rodríguez Yadira Yumiko
yadirayumiko@msn.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

de la Trinidad Cabrera Juan Francisco
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

Delgado Saldívar Luis
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Delgado Saucedo Joane Jessica

Domínguez Domínguez Omar
goodeido@yahoo.com.mx
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Eccardi Ambrosi Fulvio
fulvioeccardi@gmail.com
Gaia Editores S.A. de C.V.

Echavarría Cháirez Francisco Guadalupe
echavarría.francisco@inifap.gob.mx
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Enríquez Enríquez Enrique David
davidenen@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Escalante Espinosa Tania
dharmasally@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

Escoto Rocha Jaime
Universidad Autónoma de Aguascalientes

España Luna Martha Patricia
mpesp24@gmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

España Montoya José Luis

Esparza Estrada Citlalli Edith

Farfán Gutiérrez Michelle
michelle.farfan@ugto.mx
Universidad de Guanajuato

Fernández Candelas Fabián
fabianfernandezc@hotmail.com
Gobierno del Estado de Zacatecas

Fraire Velázquez Saúl
sfraire@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Gamboa Arteaga Nallely Yosajandi

García Trejo Erick Alejandro
erickgarcia5@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

García Vázquez Uri Omar
urigarca@gmail.com
Universidad Nacional Autónoma de México

González Parga Rodolfo Esteban
licrodoman@yahoo.com.mx
Gobierno del Estado de Zacatecas

Gutiérrez Luna Ramón
gutierrez.ramon@inifap.gob.mx
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Hernández Ramírez Manuel
inmanlhr@yahoo.com.mx
Gobierno del Estado de Zacatecas

Hernández Alonso Germán
german_halonso@comunidad.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Hernández Ayala Erica Gabriela
ghost88breath@gmail.com
Gobierno del Estado de Zacatecas

Hernández Baz Fernando
fhernandez@uv.mx
Universidad Veracruzana

Hernández Llamas Alan Roberto

Hernández Palestino Daniel
daniel_hernandez_palestino@live.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Hernández Ramírez Daniel
dhernan87@hotmail.com
Instituto Regional del Patrimonio Mundial
en Zacatecas

Jáquez Ríos María Patricia
pjacquez6@yahoo.com.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Lara Herrera Alfredo

Ledesma Mares Juan Carlos

Llamas Llamas Jesús

López Higareda Diana
d.lopezhigareda@gmail.com
Comisión Nacional para el Conocimiento
y Uso de la Biodiversidad

López Navarro Susana del Rocío

López Ortega Gerardo
log@xanum.uam.mx
Universidad Autónoma Metropolitana

Lozano Gutiérrez Julio
jlozano_75@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Lucio Palacio César Raziel
cesar.lucio@mail.ecosur.mx
El Colegio de la Frontera Sur

Luna Flores Maximino
Universidad Autónoma de Zacatecas

MacSwiney González María Cristina
Universidad Veracruzana

Márquez Hernández Amanda

Márquez Madrid Miguel
mamami66@hotmail.com
Universidad Autónoma Chapingo

Martínez Raudales Inés
ainesamerikus@gmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Martínez Salazar Elizabeth Aurelia
eamsuaz@gmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Martínez Salvador Martín

Martínez Trejo Guillermina
martinez.guillermina81@gmail.com
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Mata García Samira Gretel
samiragretelmg@gmail.com
Secretaría de Educación Pública

Medel Ortiz Rosario
romedel@uv.mx
Universidad Veracruzana

Medina García Guillermo
medina.guillermo@inifap.gob.mx
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Mercado Reyes Marisa
marisa.mercado@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Moctezuma Longoria Miguel
Universidad Autónoma de Zacatecas

Mondragón de la Peña María del Carmen
Universidad Autónoma de Zacatecas

Morales Pánuco David

Morón Ríos Miguel Angel†
Instituto de Ecología A.C.

Navarro Sigüenza Adolfo Gerardo
adolfon@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Núñez Álamo Ramsés
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Ortega Morales Aldo Iván
agrortega@hotmail.com
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Ortíz García Dante Noé
dante.ortiz@outlook.com

Ortiz Gómez Ruperto

Osegueda Berrios Carlos Alberto Ramón

Padilla Bernal Luz Evelia
luze@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Parra Tovar Surya

Pedraza Marrón Carmen del Rocío
carmen_pedraza_marron@hotmail.com
Universidad de Puerto Rico - Río Piedras

Pérez Valadez Noé
biodiversidadcaxcan@gmail.com
Biodiversidad Caxcán

Pérez Veyna Óscar
pveyna@gmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Peterson Andrew Townsend
town@ku.edu
University of Kansas

Quintero Díaz Gustavo Ernesto
gequintmxags@hotmail.com
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Ramírez López Itzel
itzel_ramirez_lopez@yahoo.com.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Ramírez Prieto Juan
jramirez_83@live.com.mx
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

Ramírez Rivera Claudia Eloísa
claudiaeloisar@yahoo.com.mx
Gobierno del Estado de Zacatecas

Reuter Cortés Adrián
Wildlife Conservation Society

Reyes Villanueva Filiberto

Robles Berumen Hermes

Robles Esparza Alfredo
arecolo@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Rodríguez de la Rosa Rubén Armando

Rodríguez Tapia José Gerardo
gerardo@ieciologia.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

Rojas Soto Octavio Rafael
octavio.rojas@inecol.mx
Instituto de Ecología A.C.

Romo Camacho José Javier

Rubio Aguirre Francisco Antonio
rubio.francisco@inifap.gob.mx
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Ruiz Garduño Raúl René
Universidad Autónoma Chapingo

Salas Luévano Miguel Angel
masalas@uaz.edu.mx
Universidad Autónoma de Zacatecas

Sánchez Gutiérrez Ricardo Alonso
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Sánchez Herrera Oscar

Santos Cruz Landy Jannet
ljsc.jsantos@gmail.com
Centro Educativo Oxford

Serra Ortiz Mario Antonio
maserraor@gmail.com
Tierra Común S.C.

Sigala Rodríguez José Jesús
jjsigala@gmail.com
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Silva Briano Marcelo
msilva@correo.uaa.mx
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Tavizón García Jesús Patricio
Consultoría Ambiental

Tiscareño Sánchez Citlalli

Vacio de la Torre María del Refugio
mrvacio@hotmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Valdez Cepeda Ricardo David
vacrida@hotmail.com
Universidad Autónoma Chapingo

Valle Rodríguez Santiago

Varela Flores María de Jesús

Vargas Vázquez Astrid
astrid.vargas@edu.uaa.mx
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Vásquez Bolaños Miguel
mvb14145@hotmail.com
Universidad de Guadalajara

Vega Carrillo Héctor René
fermineutron@yahoo.com
Universidad Autónoma de Zacatecas

Velásquez Valle Miguel Agustín
velasquez.agustin@inifap.gob.mx
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural,
Pesca y Alimentación

Villegas Ríos Margarita
mvr@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA

Compilación y edición técnica científica de las secciones:

Contexto físico: M. en C. Héctor Ávila Villegas¹

Contexto socioeconómico y marco jurídico: Dra. Luz Evelia Padilla Bernal² y M. en C. Rodolfo Esteban González Parga³

Biodiversidad: Dr. Daniel Hernández Ramírez⁴

Usos de la biodiversidad: Dr. Daniel Hernández Ramírez⁴

Factores de presión a la biodiversidad: Dr. Daniel Hernández Ramírez⁴

Instrumentos para la conservación de la biodiversidad: Dr. Daniel Hernández Ramírez⁴

¹Secretaría de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Agua-Gobierno del Estado de Aguascalientes, ²Unidad Académica de Contaduría y Administración-Universidad Autónoma de Zacatecas, ³Secretaría General de Gobierno-Gobierno del Estado de Zacatecas, ⁴Instituto Regional del Patrimonio Mundial en Zacatecas-UNESCO.

Revisión técnica de textos^a y listas de especies^b:

Diana López Higareda,^{a,b} Karla Carolina Nájera Cordero,^a Héctor Ávila Villegas,^a Rafael Eduardo Pompa Vargas,^a Oscar Báez Montes,^a Saúl López Alcaide,^a Jorge Cruz Medina^b y Brenda Monserrat Rivera Ortiz.^b

Agradecimientos:

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, expresa su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Héctor Ávila Villegas, quien realizó la primera compilación para la elaboración de esta obra.

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 Gobierno del Estado de Zacatecas. 2020.
La biodiversidad en Zacatecas. 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>

Versión digital

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA
EL CONOCIMIENTO Y USO
DE LA BIODIVERSIDAD



SECRETARÍA DEL AGUA Y
MEDIO AMBIENTE

Trabajemos Unidos

DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA