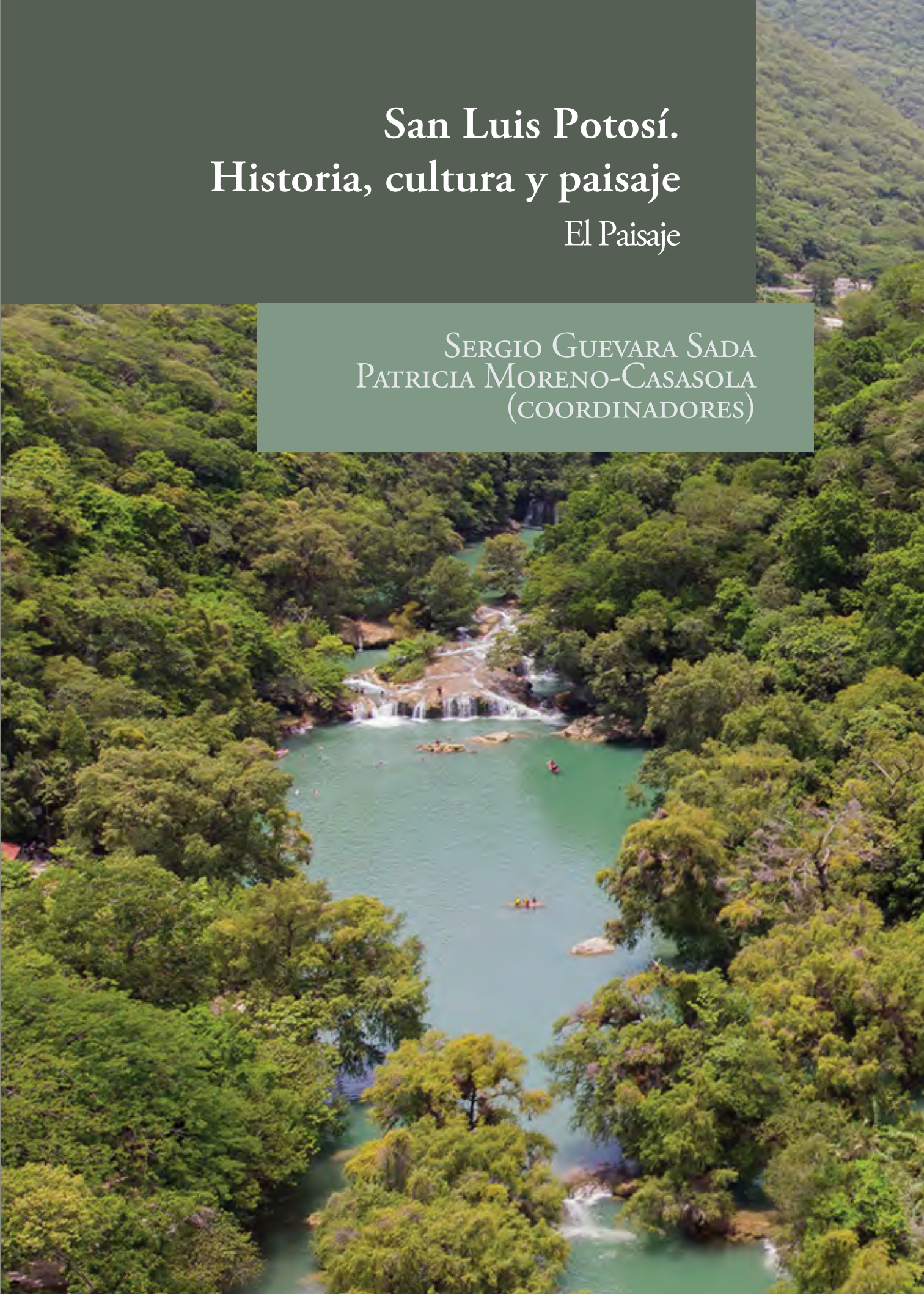
San Luis Potosí. Historia, cultura y paisaje

El Paisaje

Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola
(coordinadores)



San Luis Potosí.
Historia, cultura y paisaje

El paisaje

COLECCIÓN INVESTIGACIONES

SAN LUIS POTOSÍ. HISTORIA, CULTURA Y PAISAJE

EL PAISAJE

Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola
Coordinadores

EL COLEGIO DE SAN LUIS

Universidad Veracruzana
Dirección Editorial

363.7097242
S196

San Luis Potosí. Historia, cultura y paisaje: El paisaje [Libro electrónico] / coordinadores Sergio Guevara Sada, Patricia Moreno-Casasola. — 1ª edición. — San Luis Potosí, San Luis Potosí: El Colegio de San Luis, A.C., Universidad Veracruzana, 2025.

1 recurso en línea (458 páginas): incluye mapas, cuadros y fotografías a color

Incluye índice y bibliografía al final de cada capítulo

ISBN de El Colegio de San Luis (978-607-2627-38-3)

ISBN Universidad Veracruzana (978-607-2621-64-0)

1. Naturaleza — Conservación — San Luis Potosí 2. Recursos naturales — San Luis Potosí.

I. Guevara Sada, Sergio, coord., II. Moreno-Casasola, Patricia, coord.

Primera edición: 2025

Diseño de la portada: Maygualida Alba Aguilar.

D.R. © Sergio Guevara Sada y Patricia Moreno-Casasola, coordinadores.

D.R. © Universidad Veracruzana
Dirección Editorial
Nogueira núm. 7, Centro, CP 91000
Xalapa, Veracruz, México
Tel/fax: (01228) 818 59 80; 818 13 88
direccioneditorial@uv.mx
https://www.uv.mx/editorial

ISBN: 978-607-2621-64-0

D.R. © El Colegio de San Luis
Parque de Macul 155
Fracc. Colinas del Parque,
San Luis Potosí, S.L.P., 78299

ISBN: 978-607-2627-38-3

Editado y hecho en México

ÍNDICE

Presentación general 11
Sergio A. Cañedo Gamboa
Juan Ortiz Escamilla

Dedicatoria 15
Introducción 17
Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola

El paisaje

Capítulo 1
El paisaje potosino 23
Sergio Guevara Sada
Rosario Landgrave

Capítulo 2
El uso de suelo 49
Arturo De-Nova
Enrique De-Nova
Joel Flores Rivas
Humberto Reyes-Hernández
Francisco Javier Sahagún-Sánchez

Capítulo 3
Los eventos naturales 61
Lorena Elisa Sánchez-Higueredo

El territorio

Capítulo 4
Las regiones y provincias 83
Patricia Moreno-Casasola
Sergio Guevara Sada
Roberto C. Monroy Ibarra

Los gradientes ambientales

Capítulo 5
El clima y la altitud 117
Patricia Moreno-Casasola
Roberto C. Monroy Ibarra

Capítulo 6
La distribucion altitudinal del suelo, la vegetación y la fauna 127
Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Laura Yáñez Espinosa
Arturo De-Nova

Capítulo 7
La fauna 161
Guillermo Martínez de la Vega
Tania Ramírez-Valverde
Rubén Alonso Carbajal-Márquez
José Romeo Tinajero Hernández

Capítulo 8
Los recursos naturales del subsuelo (agua y minería) 199
José Alfredo Ramos Leal
Janete Morán Ramírez
Briseida López Álvarez

La conservación y el manejo de la diversidad y el paisaje

Capítulo 9
La conservación de la diversidad 245
Patricia Moreno-Casasola
Sergio Guevara Sada
José Alfredo Ramos
Arturo De-Nova
Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Roberto C. Monroy Ibarra

Capítulo 10
Las especies de uso tradicional 323
Laura Yáñez Espinosa

Capítulo 11
Las especies en riesgo 359
Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Tania Ramírez-Valverde
Rubén Alonso Carbajal-Márquez

Capítulo 12
La deforestación, la fragmentación y la conectividad 379
Arturo De-Nova
Enrique De-Nova
Joel Flores Rivas
Humberto Reyes-Hernández
Francisco Javier Sahagún-Sánchez

Capítulo 13
El matorral submontano, un enclave de la diversidad 399
Joel Flores Rivas
Juan Pablo Ortiz Brunel

Retos y oportunidades

Capítulo 14
Hacia dónde vamos 417
Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola
José Alfredo Ramos
Lorena Elisa Sánchez Higueredo
Janete Morán Ramírez
Arturo De-Nova
Joel Flores Rivas
Roberto C. Monroy Ibarra

Un recorrido por San Luis Potosí

Capítulo 15
Colores, paisajes y cultura: un recorrido virtual por San Luis Potosí..... 443
José Tuxpan Vargas

PRESENTACIÓN GENERAL

Los patrimonios materiales e inmateriales de San Luis Potosí han sido, en los últimos diez años, objeto de estudio, análisis e iniciativas de política patrimonial. Sin embargo, hasta ahora estaba ausente un esfuerzo colectivo que reuniera trabajos de investigación realizados por profesionales de las ciencias sociales, naturales y las humanidades que tuvieran como objetivo presentar a un público amplio, de manera asequible, en un lenguaje sencillo y con fines de divulgación del conocimiento, los diagnósticos, hallazgos y propuestas de difusión y preservación del paisaje potosino y sus patrimonios culturales e históricos. El proyecto "El patrimonio tangible e intangible del estado de San Luis Potosí. Una propuesta para conocer y promover el cuidado del legado natural, histórico y cultural" vino a llenar esta ausencia.

Este proyecto tuvo su origen en 2018, cuando el Dr. Juan Ortiz Escamilla era el titular de la Cátedra Institucional "Primo Feliciano Velázquez" del Programa de Historia de El Colegio de San Luis. En ese año se publicó la convocatoria del "Fideicomiso. Fondo de investigación científica de desarrollo tecnológico de El Colegio de San Luis, 2018", que proporcionó los recursos para desarrollar una iniciativa de esta naturaleza. Sin duda, el respaldo invaluable provino de la experiencia previa que el Dr. Ortiz obtuvo en investigaciones similares que condujo en Michoacán y Veracruz. Lo que nosotros emprendimos tuvo como fuente de inspiración el proyecto llevado a cabo en Veracruz durante la década de 2010, y que fue coordinado por los doctores Enrique Florescano y Juan Ortiz Escamilla. Para nuestro beneplácito se sumaron entonces al proyecto la doctora Patricia Moreno-Casasola y los doctores Sergio Guevara Sada y Mauricio G. Guzmán Chávez, con quienes después de varias conversaciones, se definió la integración de la masa crítica de capital científico

y humano, y el diseño de la columna vertebral del proyecto sobre la que descansan tres equipos de trabajo que desarrollaron las labores de investigación respecto igual número de patrimonios: histórico, cultural y paisaje. Nuestro objetivo fue realizar un diagnóstico sobre la situación que guardaban este conjunto de patrimonios en el estado de San Luis Potosí y, a partir de ello, elaborar propuestas que contribuyeran a la difusión, recuperación, preservación y aprovechamiento de los mismos en beneficio de los habitantes de las diversas comunidades que los producen y custodian.

Desde el 2018 se conformaron los tres equipos de carácter multidisciplinario e interinstitucional cuyo conjunto sumó a más de cincuenta especialistas procedentes de al menos diez instituciones de educación superior del país. A lo largo de tres temporadas de campo y sesiones plenarias fue posible distinguir temáticas transversales y conocer los avances. La pandemia de covid-19, imposibilitó la continuación de esta dinámica, pero en la medida de lo posible los investigadores continuaron sus recorridos de campo, trabajo etnográfico e investigación de archivo bajo la consigna de alcanzar los objetivos planteados.

Aunado a ello, contamos con el apoyo de un fotógrafo profesional, Gerardo Sánchez Vigil, cuyo registro acompaña buena parte de las investigaciones realizadas en los tres volúmenes. También Marco Antonio Hernández nos brindó su respaldo y conocimientos para la elaboración de cartografías especializadas que figuran en los volúmenes dedicados al patrimonio cultural e histórico. Roberto Monroy Ibarra hizo lo propio en materia cartográfica para el volumen dedicado al paisaje.

Como toda obra colectiva y por el contexto de la pandemia los resultados fueron apareciendo de forma desfasada. Esto nos llevó a trabajar una propuesta mediática de difusión de resultados que consistió en la producción de videos de divulgación científica (diez en total) realizados por Andrea Hernández Olvera y producidos por Sergio A. Cañedo Gamboa que subimos en el canal de YouTube de El Colegio de San Luis. Así como la construcción del portal electrónico que se encuentra disponible para consulta en la URL www.proyectopatrimonioslp.colsan.edu.mx; desde donde ofrecemos resultados abreviados de todo el proyecto.

Nos congratulamos ahora por dar a conocer los tres volúmenes con los resultados *in extenso* con los cuales se espera contribuir a reducir la brecha que separa a las y los potosinos de su patrimonio y a su vez propiciar el fortalecimiento de los valores identitarios de los habitantes del estado. Asimismo, se

busca que el proyecto contribuya al proceso de certificación de saberes tradicionales y de áreas naturales, así como impulsar proyectos productivos comunitarios relacionados con temas como el turismo alternativo, la producción y venta de artesanías, así como promover las marcas de productos locales.

Los coordinadores y participantes en cada uno de los tres volúmenes definieron su contenido y estructura a partir de las temáticas propuestas en sus reuniones. Si bien hay una predominancia disciplinar, el dialogo interdisciplinar se hace presente dando relevancia a los hallazgos y aportaciones de estas obras al conocimiento sobre los tres patrimonios estudiados. En la selección de las temáticas se procuró mantener los equilibrios regionales evitando la preeminencia de la ciudad capital o de alguna de las cuatro regiones del estado (Altiplano, Centro, Media y Huasteca). Podría considerarse que, en su conjunto, los hallazgos y resultados aquí presentados integran en amplio sentido un atlas del patrimonio de San Luis Potosí, puesto que se abarcan los aspectos materiales e inmateriales del patrimonio histórico, cultural y paisajístico (asociado a lo natural, aunque la categoría de paisaje es la que eligieron sus coordinadores) de las diferentes regiones en que se ha dividido el estado en su historia reciente.

El lector tiene en sus manos una obra que consideramos innovadora, propositiva y de utilidad. Su factura solo fue posible bajo un esfuerzo colectivo, multidisciplinar e interinstitucional. En ella se encontrarán descripciones, diagnósticos y planteamientos para la preservación y divulgación del patrimonio de los potosinos. Su contenido podrá nutrirse y seguramente esfuerzos próximos agregarán aspectos y temáticas que ahora han quedado fuera. Creemos que este resultado fortalecerá la identidad y el aprecio por el territorio, aspectos necesarios para la construcción de una mejor sociedad que sea consciente del valor de su entorno, de sus prácticas cotidianas y de su historia, y de la importancia que ello tiene y que puede contribuir a la mejora de sus condiciones materiales y de calidad de vida.

Sergio A. Cañedo Gamboa
El Colegio de San Luis

Juan Ortiz Escamilla
Universidad Veracruzana

DEDICATORIA

Es un honor para los autores que participaron en este trabajo, dedicarlo como un homenaje para el Dr. Jerzy Rzedowski Rotter, botánico y naturalista, científico de asombrosa sensibilidad, estudioso pionero del paisaje potosino, cuyo entusiasmo por entender la distribución de las plantas lo hizo vislumbrar perspectivas innovadoras para las investigaciones botánicas y biogeográficas de México. Apasionado por el paisaje árido, elaboró la obra *Vegetación del estado de San Luis Potosí*, un documento que, junto con el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, que fundó, sentó las bases y las líneas de trabajo para evaluar y explicar la diversidad de las plantas de México.

INTRODUCCIÓN

Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola

La diversidad, biológica y cultural es el último reducto del género humano para lograr una vida plena. La diversidad es una condición del medio ambiente, que cambia a lo largo del tiempo y del territorio, cuyo conocimiento permitirá mejorar la calidad de vida de la población a largo plazo.

Cada intento de acopio e integración de la información y el conocimiento disponible acerca de la diversidad en un territorio determinado es una nueva posibilidad de entender qué variables determinan su distribución e influyen en su organización y permanencia. Ésta es una urgente e indispensable perspectiva para contrarrestar su deterioro y evitar su pérdida, resultado de los planes de crecimiento y desarrollo económico imperantes a escala local, nacional y regional en todo el mundo.

San Luis Potosí tiene una gran riqueza de flora y fauna en sus ambientes contrastantes, desde los más húmedos de la Huasteca hasta los secos del Altiplano, desde el nivel del mar hasta la altura de la Sierra Madre.

Este volumen está dedicado al paisaje, parte de un esfuerzo amplio y ambicioso para poner a disposición de los estudiosos, los técnicos y el público interesado, una síntesis de la historia, la cultura y el paisaje del estado de San Luis Potosí. Ha sido promovido por El Colegio de San Luis, A.C., que convocó a destacados científicos y expertos de instituciones académicas del estado y del país y de investigadores del propio Colegio.

Los autores de los capítulos que forman el volumen describen los aspectos físicos del territorio: el sustrato, la forma y relieve, la hidrología y el clima; la distribución de plantas y animales y sus agrupaciones en comunidades y tipos de vegetación; el uso de los recursos y el suelo y la situación actual de la cu-

bierta vegetal; por último, los esfuerzos llevados a cabo para conservar y proteger la biodiversidad.

Con el fin de contextualizar la información y visualizar la diversidad biológica y cultural, propusimos emplear el concepto de paisaje. Es una concatenación de especies, que resulta de la interacción histórica y territorial de las condiciones y los elementos naturales y de los aspectos culturales y sociales. Nuestro deseo es compartir con los lectores y usuarios esta idea de paisaje, con el fin de proporcionarles los medios para integrar e interpretar la información contenida en este volumen.

Para visualizar la relación entre la distribución de las especies y los cambios de las características y condiciones entre las distintas provincias, utilizamos los gradientes ambientales suaves o abruptos, que facilitan o limitan el desplazamiento y el establecimiento de las especies de plantas y animales. Los gradientes altitudinales del territorio, dadas las grandes diferencias de altitud que tiene, desde el nivel del mar hasta 3 180 msnm, y los cambios de estructura y composición del sustrato, permitirán entender las variaciones del clima, del suelo y la disponibilidad de agua para explicar la distribución de los tipos de vegetación y la viabilidad del uso del suelo en el estado.

Y por último, subrayamos la movilidad de las especies como un aspecto fundamental para mejorar la conservación, favorecer la regeneración de los paisajes y como elemento de manejo básico.

Los objetivos de este volumen son:

1. Proporcionar a los encargados de la planificación del desarrollo del estado, a los estudiantes y al público en general una visión asequible de la diversidad del territorio potosino, de su situación actual y sus perspectivas futuras.
2. Apuntalar los programas de ordenamiento territorial y ecológico en los aspectos de diversidad y ambiente.
3. Enriquecer las agendas de investigación científica de las instituciones dedicadas al estudio y entendimiento del ambiente del estado.
4. Proporcionar al sistema educativo materiales, y a los habitantes en general, un panorama de su entorno, que les facilite entenderlo y participar en la toma de decisiones acerca de su presente y futuro.
5. Impulsar la participación para la recuperación, preservación y aprovechamiento del patrimonio tangible e intangible de las comunidades potosinas.

Así estructuramos un panorama del patrimonio natural, del ambiente y de los recursos naturales del territorio del estado de San Luis Potosí, con lo cual contribuimos a explicar la influencia que han tenido los eventos naturales, las condiciones naturales y la influencia de las actividades humanas sobre la distribución, estructura y funcionamiento de los paisajes a lo largo de la historia.

San Luis Potosí es un excelente candidato para que por medio de su historia y geografía se enfrente el desafío de explicar algunas de las causas del deterioro y planear un futuro distinto de la relación entre la sociedad y la naturaleza.

Este estudio se suma a los resultados obtenidos por Monroy y colaboradores (2006) en la obra titulada *San Luis Potosí. Patrimonio natural y cultural*, publicada por el Gobierno del Estado de San Luis Potosí, y por el conjunto de capítulos de *La biodiversidad en San Luis Potosí, estudio de estado* (2019), publicada por la Conabio y el Gobierno del Estado de San Luis Potosí. De esta manera, buscamos innovar el enfoque para crear una visión más integral que abra la posibilidad de corregir y planificar un desarrollo basado en los valores patrimoniales del estado.

EL PAISAJE

CAPÍTULO 1
EL PAISAJE POTOSINO

Sergio Guevara Sada
Rosario Landgrave

El escenario de la diversidad

Hoy, el bienestar humano se encuentra en un momento crítico de la historia. Entre los múltiples desafíos que enfrenta, destaca que la población en general no reconoce que su bienestar depende directamente de la diversidad de la biosfera tanto biológica como cultural. Para encararlo, es indispensable que los técnicos y científicos, los encargados de planificar el desarrollo económico y los usufructuarios de los recursos naturales, compartan una visión semejante de la diversidad y del ambiente. En esta obra se propone al paisaje como una de las mejores opciones disponibles para construir tal visión, considerando que el paisaje es la síntesis de la diversidad, producto de su devenir natural y ambiental.

Recientemente ha sido señalada la utilidad del enfoque de paisaje para abordar de manera integral la conservación y el manejo de la diversidad biológica y cultural del territorio, el paisaje como una concatenación de especies, resultado de la interacción histórica y territorial de condiciones y elementos naturales, y de aspectos culturales y sociales. Nuestro deseo es compartir con los lectores y usuarios esta idea de paisaje, con el fin de proporcionarles los medios para integrar e interpretar la información contenida en este volumen acerca de las condiciones y la diversidad del ambiente biofísico potosino.

Es común que los especialistas y el público en general se refieran al ambiente y a la biodiversidad aludiendo al número de especies de plantas y animales que habitan en un solo sitio. Este punto de vista peca de superficial cuando se desea participar en el diseño de las medidas apropiadas para la conservación y el manejo de la biodiversidad y para vincularla con la diversidad cultural. Para introducir el concepto de paisaje, se debe considerar que las especies que

existen en un determinado sitio no son una acumulación casual, desordenada e inestable de ellas. Por el contrario, la presencia, abundancia y distribución de plantas y animales corresponde con las condiciones físicas imperantes en el territorio y con la relación que se establece entre las especies. El paisaje es el resultado del equilibrio con otras limitaciones y posibilidades que hay en el territorio y las que les brinda la interacción entre las especies.

Enseguida, se debe tomar en cuenta que las condiciones del territorio o de la presencia o abundancia de otras especies se modifican constantemente y que sus cambios repercuten en la composición de especies del paisaje, y esta composición influye en su capacidad de regenerarse después de una perturbación. Es un ensamblaje biodiverso capaz de recuperarse ante los cambios del territorio (relieve, substrato, clima) o de la flora y fauna, provocados por los fenómenos naturales, frecuentes u ocasionales, como huracanes y sismos, y por las actividades humanas de producción de alimentos y creación de infraestructura, entre otras. Turner *et al.* (1997) y Gardner *et al.* (2009) aseveran que los patrones espaciales y temporales de la biodiversidad actual son el resultado de la interacción de los procesos históricos humanos y ecológicos que modifican constantemente la distribución de las especies y, por tanto, la estructura y el funcionamiento del paisaje.

Los antecedentes del ambiente

El territorio del estado de San Luis Potosí se sitúa en el centro norte de la república mexicana, en lo que se conoce como la Zona de Transición Mexicana (Halffter y Morrone, 2017), donde se juntan los dos conjuntos de biodiversidad del continente americano: la región neártica —templada— del norte y la región neotropical del sur. De esas dos regiones provienen todas las especies de flora y fauna que caracterizan a cada una de las tres provincias biogeográficas en que se ha dividido al estado: el Desierto Chihuahuense, la Sierra Madre Oriental y la Veracruzana (Morrone, 2019), cada una con su geomorfología y origen geológico propios (véase el capítulo 4, "Las regiones y provincias"), reconocidos como provincias fisiográficas: Mesas del Centro o Altiplano Occidental, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte o Planicie del Golfo. El clima de las provincias es seco en las Mesas del Centro, semicálido subhúmedo y seco templado en la Sierra Madre Oriental y cálido húme-

do y subhúmedo en la Llanura Costera del Golfo (Contreras, 2019; capítulo 5, "El clima y la altitud").

Es importante señalar que los cambios de las características y condiciones entre las distintas provincias no son abruptos. Casi siempre ocurren de manera gradual, implicando una parte de cada provincia, una zona de cambio progresivo o de transición que se denomina gradiente ambiental. Los gradientes ambientales son suaves o abruptos, y facilitan o limitan el desplazamiento y el establecimiento de las especies de plantas y animales. En esta obra se destaca su importancia para entender la distribución de las plantas y animales en el territorio. Los gradientes más señalados son del relieve, de la altitud (desde el nivel del mar hasta más de 3 000 msnm) y del clima.

Las perturbaciones son el ímpetu del paisaje

El ambiente biofísico (territorio y diversidad) cambia continuamente debido a las perturbaciones de distinta intensidad y frecuencia, de origen natural y antrópico. En el territorio de San Luis Potosí ocurren eventos geológicos y atmosféricos que ocasionan cambios geomorfológicos, deslizamientos de tierra, inundaciones y sequía, que alteran la abundancia y la distribución de la flora y la fauna (véase el capítulo 3, "Los eventos naturales"; Contreras, 2016).

La presencia humana

Desde su arribo al territorio, hace alrededor de 10 000 años, la supervivencia de los grupos humanos dependía de las condiciones del ambiente biofísico y de su conocimiento acerca de la disponibilidad y disposición de los recursos naturales en el paisaje. En San Luis Potosí, la obtención de recursos tenía dos escenarios contrastantes: el ambiente árido del altiplano y el ambiente húmedo de la planicie costera. En el ambiente árido subsistían de la caza y la recolección de plantas y animales, de actividades ligadas al comportamiento y movimiento de las poblaciones animales y de la producción estacional de frutos y semillas de las especies nativas. Eran poblaciones nómadas que recorrían el territorio, organizados en pequeños grupos que necesitaban una infraestructura mínima en sus sitios de residencia temporal (Parsons, 2010).

La caza y recolección fue una buena estrategia para los ambientes con poca disponibilidad de agua y baja fertilidad del suelo, en general ambientes poco productivos. En los ambientes húmedos o semihúmedos con suelos fértiles, en general ambientes productivos, se desarrolló otra modalidad basada en el

cultivo y la domesticación de plantas, que requerían su permanencia en determinados sitios. Su organización generó una infraestructura compleja en sus asentamientos y en sus obras para el manejo agrícola del suelo. En San Luis Potosí, ambas modalidades coexistieron y se mantuvieron en contacto, intercambiando y comerciando productos. Las peculiaridades de cada modalidad hicieron que Kirchhoff (1943) las identificara como dos áreas culturales: Aridoamérica, la de caza y recolección, en los ambientes secos y poco productivos del desierto chihuahuense; y Mesoamérica, la del cultivo y domesticación, en los ambientes húmedos y productivos de la planicie costera del golfo de México.

Ambas modalidades influyeron de distinta forma en la estructura y el funcionamiento del paisaje. La caza y recolección de Aridoamérica, basada en la movilidad de los animales, en la marcada estacionalidad de la fructificación de las plantas y en el lento crecimiento de las especies de procedencia neártica influyeron en la distribución y en el tamaño de las poblaciones de animales y vegetales.

El cultivo y domesticación de plantas en Mesoamérica se produjo en sitios con disponibilidad de agua, con suelos fértiles y con especies de plantas y animales neotropicales de rápido crecimiento. Domesticaron y aclimataron especies, y reconocieron y se ciñeron a los activos procesos naturales de la regeneración del paisaje y a las condiciones biofísicas del territorio. Podría inclusive decirse que en cierta medida domesticaron el proceso mismo de regeneración (Guevara, 2016; 2019).

Desde luego, también algunas culturas alternaban estacional y temporalmente la caza y la recolección con el cultivo de plantas, en particular aquellas que aprovecharon los gradientes altitudinales de la Sierra Madre Oriental. Probablemente los olives y sus vasallos hayan obtenido parte de su poder y prestigio debido a su intermediación entre los pueblos nómadas de la Gran Chichimeca y el gran centro huasteco de alta civilización situado entre Pánuco, Chila y Tampico.

Cada una de las dos modalidades produjo impactos cualitativamente distintos en la diversidad biofísica y la resiliencia de los paisajes. Surge la pregunta: ¿Esto podría significar que los paisajes de Mesoamérica son más eficientes para mantener la biodiversidad, por ser más resilientes, que los paisajes de Aridoamérica? (Guevara, 2016). Los paisajes han sido influenciados a largo plazo por fenómenos de distinta naturaleza: tormentas tropicales en Mesoamérica y sequías en Aridoamérica. La lección que dejan es que el manejo del paisaje, la

conservación de la diversidad biológica y el desarrollo cultural se basan en la capacidad espontánea de recuperación de los paisajes y la fertilidad del suelo.

El siguiente capítulo del paisaje se inició en 1522 con la exploración y colonización europea del territorio de San Luis Potosí (Monroy y Calvillo, 2010). Los colonizadores españoles llegaron al territorio provenientes del centro de México y de la planicie costera del golfo de México, a través de la región Huasteca. Los contingentes españoles, empeñados en la búsqueda de minerales valiosos y seducidos por el *espacio vacío* de la Gran Chichimeca (Rangel, 2009), enfrentaron el reto de contar con alimentos y bienes de consumo suficientes para mantener sus asentamientos en esos ambientes del todo desconocidos para ellos. Optaron por introducir cultivos de especies tropicales provenientes de África y Asia, como el plátano, la caña de azúcar, y cultivos de clima templado, como el trigo y la cebada (Guevara y Laborde, 2014). Aunque, tal vez lo que más influyó en el ambiente fue la introducción de razas de ganado vacuno, caballar, caprino y porcino, entre otros (Sluyter, 1996). En segundo lugar, influyó la apertura de extensos campos al monocultivo, empleando herramientas de hierro y fuerza animal, y finalmente el uso del fuego para deforestar y usar la tierra (Sluyter, 1999; Lugo, 2002).

Los primeros asentamientos coloniales se ubicaron en el borde del área de Mesoamérica, en su colindancia con Aridoamérica, aprovechando la fertilidad y humedad del suelo, la mano de obra indígena y su experiencia y conocimiento para el cultivo. El ganado mantenía superficies con pastizales naturales, tenía a raya los campos de cultivo indígenas y, desde luego, producía los alimentos y bienes de consumo conocidos y necesarios (Guevara, 2016; Radding, 2022).

El abandono de los pueblos huastecos septentrionales parece que se realizó al mismo tiempo que la concesión de sus tierras a "estancias" ganaderas. Sin embargo, es probable que los chichimecas no hayan tardado en entrar en conflicto con los ganaderos y que ello estimulara la concurrencia de tales concesiones. Así se formaron algunos grandes dominios que se extendieron sobre todo al norte de la Huasteca, que se mantuvieron hasta el siglo XIX: El Buey (luego llamado San Ignacio del Buey, y posteriormente Rascón); otros sitios en la Huasteca, que más tarde fueron denominados San Juan Evangelista del Mezquite, Tampalache-Chila y los Llanos, que después se llamó Chapacao (Meade, 1970). Esas enormes "haciendas" donde se practicaba la ganadería extensiva contribuyeron a la supervivencia de algunos de los antiguos topónimos Huastecos de la región (Meade, 1970).

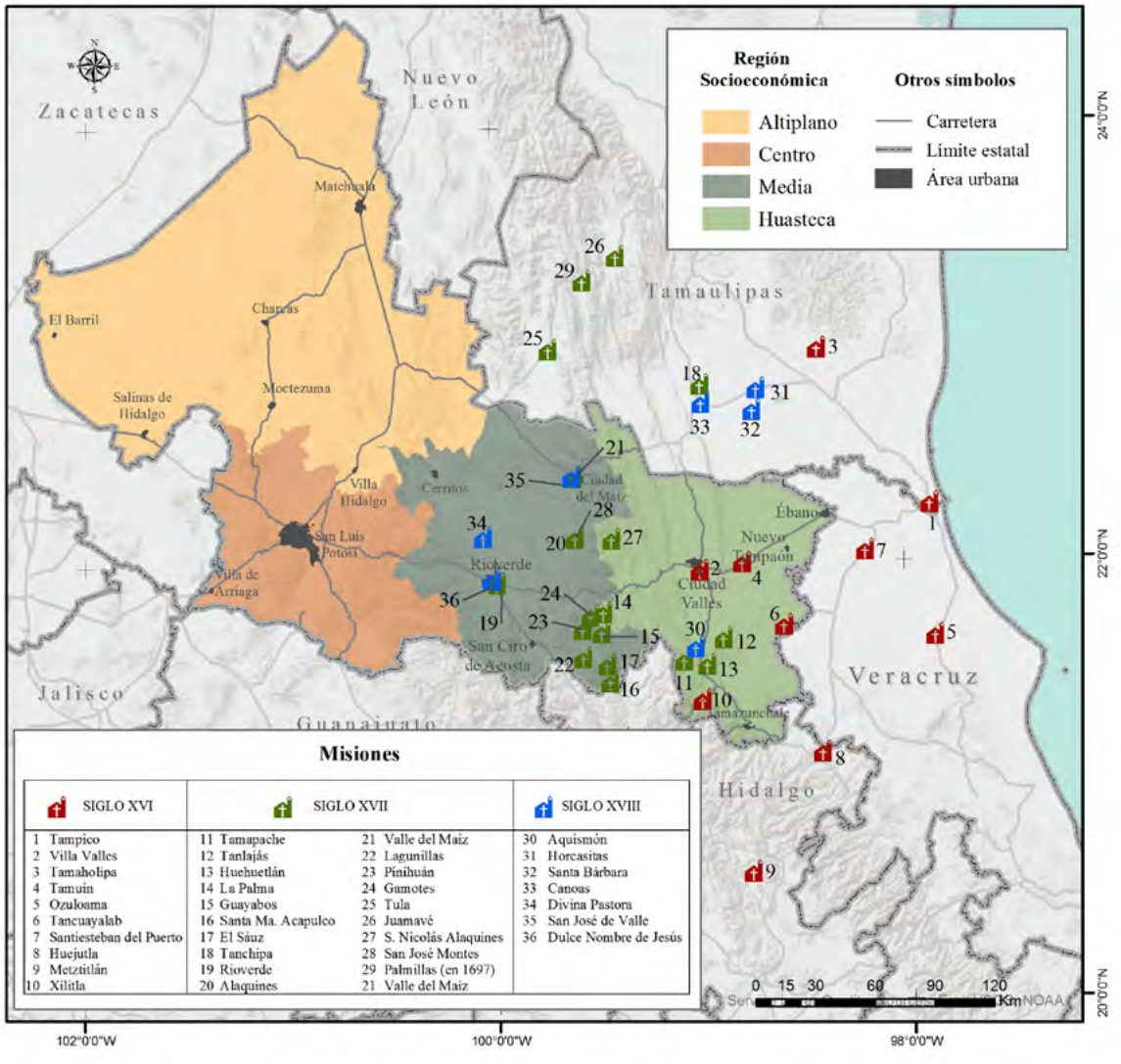
El proceso de colonización y transformación del paisaje se apuntaló con la evangelización de los indígenas. Se establecieron misiones franciscanas para la conversión de los pueblos *teneek* y pames en los siglos XVI, XVII y XVIII. Las misiones fundadas en el siglo XVI se establecieron en el límite de Mesoamérica. En el siglo XVII ocuparon también la zona media; y en el siglo XVIII, la vertiente noreste de la Sierra Madre Oriental (figura 1.1). Al iniciarse el siglo XVIII, esta región presentaba una mayor complejidad social debido a la presencia de otros grupos no indios. Los frailes habían conseguido un nivel importante de organización en las misiones, similar al de las parroquias (Aguirre, 2018). Las misiones ocuparon principalmente la zona Media y la Huasteca de una región amplia que se prolongaba hacia Tamaulipas, Veracruz e Hidalgo (Herrera, 1999), y en menor medida en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. Avanzaron hacia Aridoamérica, y en el siglo XVIII se adentraron aún más en este territorio, siempre asociadas con las estancias ganaderas (Salazar, 2000).

Las misiones tuvieron una estrecha relación con los grupos *teneek* o huastecos, los otomíes y los nahuas, cuyas formas de vida y organización política en repúblicas, así como un mayor acceso a tierras de cultivo, garantizaban el mantenimiento de las misiones. La agricultura era ahí el recurso esencial, aunque a veces también los productos de la caza (como pieles de ciervo), de la pesca o de la recolección (como la miel). Los tributos de aves de corral probablemente indiquen la cría del pavo (Rangel, 2009).

Los indios pames, aunque eventualmente aceptaban vivir cerca de las misiones, fácilmente regresaban a los montes y cañadas sin que nadie pudiera impedírselos. No era raro que se unieran a los indios de guerra que provenientes de Aridoamérica, la Gran Chichimeca, asolaban la frontera norte de la custodia (Rangel, 2009).

La condición de frontera impuesta desde el punto de vista de los españoles no fue una adaptación fortuita a las condiciones del territorio; fue la estrategia que permitió a los estancieros españoles el acceso al territorio "vacío" y "salvaje", y que permitió a los religiosos franciscanos evangelizar a las culturas mesoamericanas de los pames y otros grupos chichimecas, apoyados en los recursos naturales de Mesoamérica. La conversión de los pames a la vida sedentaria también los incorporó a la economía regional como mano de obra para las estancias y haciendas (Rangel, 2009).

Figura 1.1. Ubicación de las misiones establecidas en los siglos xvi, xvii y xviii en el estado de San Luis Potosí. En el siglo xvi se fundaron en el límite entre los pueblos nómadas y el gran centro Huasteco de alta civilización situado entre Pánuco, Chila y Tampico, en la región Mesoamericana. En el siglo xvii se establecieron también en la vertiente noroeste de la Sierra Madre Oriental, y en el siglo xviii ocupan la región media, apoyando a las estancias ganaderas mayores para la apropiación del "gran espacio vacío" de Aridoamérica (Rangel, 2009).



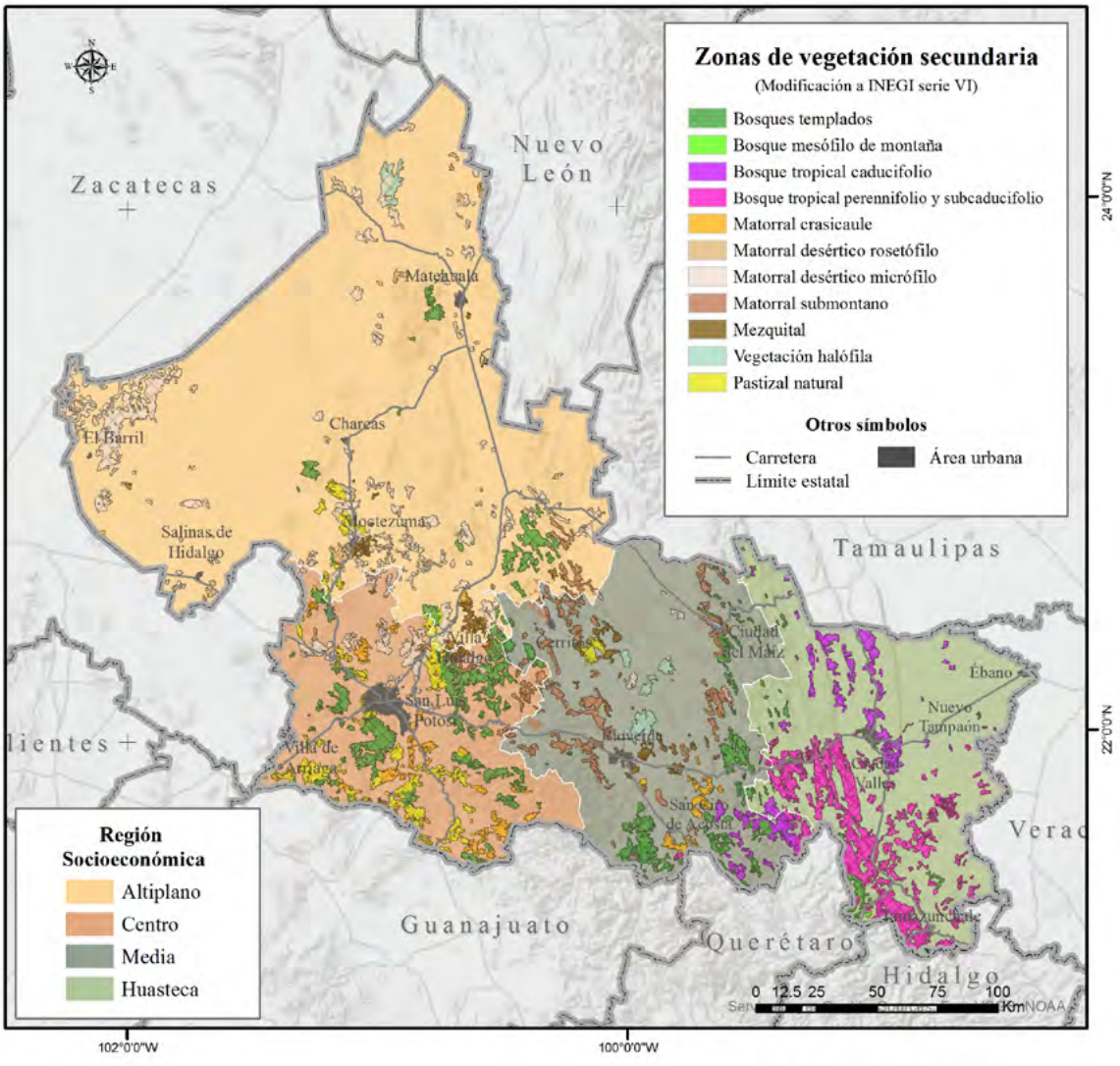
Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Todos esos cambios tuvieron un efecto directo en la estructura del paisaje, por medio de la configuración de los campos de cultivo, del uso de especies nativas, de la composición de especies de la fauna de herbívoros y carnívoros. Lo más trascendente es que esas modificaciones se reflejaron en la regeneración espontánea del paisaje en los sitios abandonados.

El uso actual del suelo y los recursos naturales

La evaluación del estado de la cubierta forestal del territorio (véase el capítulo 2, "El uso del suelo") muestra que la vegetación natural cubre el 55.25 % del territorio, la vegetación secundaria el 44.74 %, y el uso agrícola, pecuario y forestal el 27.55 %. Aunque aún predomina la vegetación natural, una buena parte está fragmentada (Reyes-Hernández, 2019; capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad"). En San Luis Potosí se perdiern entre 1992 y 2002 cerca de 164 500 ha de vegetación natural, 8.2 % de la superficie total del estado, debido a la construcción de infraestructura, nuevas vías de comunicación, incendios y desarrollo agropecuario (Flores-Rivas *et al*., 2008). Los estudios de Sahagún-Sánchez *et al*. (2011) señalan que una superficie importante de bosques y selvas fue deforestada principalmente en la región Huasteca, en donde las actividades agrícolas y ganaderas han tenido un creciente auge en los últimos años. En un periodo de dieciséis años (de 1989 a 2005) se perdieron más de 36 200 ha de vegetación natural; 24 013 ha de selvas, 7 600 de bosques, 2 918 ha de matorrales y 614 ha de vegetación hidrófila. Las mayores transformaciones ocurrieron en la porción centro-sureste de la región, donde está la mayor densidad poblacional y, en los últimos años, la mayor actividad agropecuaria (Velázquez *et al*., 2002; Mas *et al*., 2004). La superficie más grande de vegetación secundaria (56 734.83 ha) está en los matorrales xerófilos del Altiplano, la región Centro y la Media. Le siguen los pastizales, con 14 110.65 ha, y el bosque mesófilo de montaña, con 507.33 ha (figura 1.2).

Figura 1.2. Extensión y distribución de la vegetación secundaria de cada tipo de vegetación. Destacan las extensiones del bosque tropical perennifolio y subcaducifolio en la Huasteca, de los bosques templados en la Sierra Madre Oriental, del mezquital y del pastizal natural.



Fuente: Inegi (2016), "Uso de suelo y vegetación, serie vi" (modificado por Flores Rivas). Edición cartográfica: Roberto C Monroy Ibarra.

En los últimos años, la Huasteca registra el cambio más intenso en el uso de suelo para actividades agropecuarias (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011; Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019). Sin embargo, se debe señalar que, en esa región, los campos abandonados se regeneran pronto debido a que la vegetación secundaria es muy dinámica gracias al clima húmedo, los suelos productivos y las especies tropicales de rápido crecimiento (Chazdon, 2014).

La protección del ambiente

Desde fines del siglo XIX aparece en escena otro componente del paisaje. Se trata de las áreas naturales protegidas, una política dedicada a la protección y la conservación de la diversidad biofísica del territorio, especies de plantas y animales y recursos hídricos. Inspiradas en el modelo de parque nacional, una de las primeras categorías decretadas en el mundo, proliferaron durante el siglo XX y originaron otras categorías dedicadas a proteger características geológicas locales o los hábitats de especies de interés particular.

La finalidad de cada categoría, su número y distribución en el territorio dan una idea acerca de las preocupaciones surgidas a lo largo de los años, y de la política estatal y nacional de protección ambiental y de sus logros, así como de la estimación de los valores naturales o culturales amenazados por actividades de desarrollo ajenas al uso de la diversidad.

Las áreas naturales protegidas (ANP) se enfocan en la conservación de la biodiversidad, en la protección de las características peculiares del territorio o de valores estéticos ante las afectaciones previstas por el cambio de uso del suelo, el crecimiento urbano o el desarrollo de la minería. Su manejo se esfuerza en mantener las condiciones internas que motivaron su decreto, soslayando el potencial que cada una puede tener en su entorno.

La estrategia estatal de protección del ambiente se ha enfocado en la conservación de la biodiversidad, a pesar de que existen áreas de interés cultural y de uso de fauna. En 2021, 9.8 % territorio potosino estaba protegido a través de distintas categorías de ANP: seis federales y doce estatales. Las ANP federales suman 197 226.04 ha que representan el 3.2 % del territorio potosino, y la superficie en ANP estatales es de 402 016.93 ha, el 6.6 % del territorio; ambas, con un total de 599 242.98 ha (capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad").

El mayor número y extensión de ANP se ubica en el matorral rosetófilo, el bosque de pino, el de encino y el de pino encino, donde se protege entre 23.7 y el 39.8 % de su superficie. En el otro extremo están, con los valores más bajos, el matorral de piedemonte (0.22 %), el pastizal (0.9 %), la selva mediana (3.01 %) y la selva baja; el matorral crassicaule y el matorral micrófilo desértico, incluyendo el espinoso, conjuntan el 6.5 %.

Según la Conabio (2019), los esfuerzos de conservación han sido casi nulos en el matorral submontano de piedemonte, la selvas bajas y medianas, los humedales y los hábitats en bajas elevaciones (situados a menos de 1 200 msnm). Algo similar ocurre con las ecorregiones de mezquital, las selvas secas espinosas (selva baja caducifolia) y las selvas medianas. Esta desproporción se relaciona claramente con la demanda de uso del suelo; donde es menor, se crean más áreas protegidas; y donde es mayor, se limitan (capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad").

Sin duda, las ANP bien manejadas han sido instrumentos eficaces, aunque no suficientes, para conservar y proteger la biodiversidad de San Luis Potosí. Es necesario aprovecharlas y proyectarlas al futuro incorporando en su diseño y manejo su potencial para influir en su entorno, en el paisaje, rompiendo ese aislamiento en que actualmente se encuentran las especies.

Las ANP son un repositorio de especies, con potencial para facilitar la regeneración natural del paisaje, para mantener la conectividad del territorio. Son un cúmulo de recursos naturales y de condiciones físicas del suelo, agua y atmósfera que pueden reforzar y mantener las actividades productivas tradicionales y que pueden apoyar el diseño y ejecución de los programas de restauración del paisaje. El potencial de regeneración natural de la vegetación y de movilidad de las especies debían, al lado de los criterios de diversidad, vulnerabilidad, extensión, rareza y endemicidad, son los que se toman en cuenta como criterio para designar áreas naturales protegidas. También se deben considerar las formaciones vegetales que se regeneran en poco tiempo, para mantener esos procesos y favorecer el desplazamiento de las especies.

La movilidad de las especies

La movilidad de las especies de plantas y animales en el territorio se destaca cada día más como el criterio más relevante para la conservación de la biodiversidad. Esto se basa en las facilidades y los obstáculos que encuentran las plantas y animales para transitar entre distintos ecosistemas y paisajes. Por ejemplo, con base en el análisis del paisaje y de las necesidades biológicas del jaguar (*Panthera onca*) se concluyó que existe una conectividad entre las ANPs, incluyendo la Reserva de Biosfera del Abra Tanchipa (Errejón *et al.*, 2018; capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad").

En San Luis Potosí hay posibilidades de facilitar el movimiento de la flora y la fauna entre provincias biogeográficas y fisiográficas, abarcando extensiones considerables. La mayor oportunidad la brinda la Sierra Madre Oriental. Es una cadena montañosa con una superficie aproximada de 22 015 066 ha, 11 % del territorio mexicano; una de las regiones orográficas de tipo sedimentario marino más biodiversas del país (Luna *et al.*, 2004). Es un archipiélago de islas que comparte especies de las regiones neártica y neotropical (Estrada *et al.*, 2015) y que alberga poco más de 7 % de las plantas endémicas mexicanas (Villaseñor, 2016). Esta cadena de montañas cruza el territorio potosino del noreste hacia el sur. Un buen ejemplo de las posibilidades que brinda la sierra para la movilidad de las especies es el matorral submontano. Un tipo de vegetación que bordea su pie de monte, desde Nuevo León hasta Hidalgo, desplegándose un poco hacia la Planicie Costera Nororiental y hacia el Altiplano Potosino. Este matorral constituido por árboles bajos o arbustos altos, provenientes del bosque tropical deciduo y del bosque espinoso, es muy rico en especies, más aún que las que posee el matorral xerófilo de las partes bajas y el bosque de encino-pino de las partes altas de la Sierra (Torres-Colín *et al.*, 2017). El matorral submontano del centro y norte del estado de San Luis Potosí tiene una extensión de 4 361 km² (Rzedowski, 1965).

Este matorral submontano funciona como un *corredor* natural, húmedo y con vegetación densa, que brinda refugio y oportunidades a las especies vegetales y animales tanto propias como provenientes de otros tipos de vegetación de las distintas provincias, de desplazarse entre el sur y el norte y entre el este y oeste, aprovechando su gran extensión, así como las posibilidades de trasladarse desde las partes bajas hacia las partes altas de la Sierra.

Y sin embargo, se mueve

Las plantas y animales tienen una tendencia innata a moverse o desplazarse a través del territorio y aun a lo largo del tiempo. Cada una despliega distintas adaptaciones para aprovechar las características del medio ambiente como el soplar del viento o el fluir del agua, o aun los hábitos y necesidades de otras especies para asociarse con ellas y moverse, siguiéndolas. Así exploran para encontrar las mejores condiciones para su establecimiento o para esperar que se presente el momento apropiado, en el suelo por ejemplo (Pickett *et al.*, 1997; McConkey *et al.*, 2012). De este movimiento depende en buena medida la estructura y la capacidad de regeneración del paisaje. Este constante desplazamiento garantiza la permanencia de las especies y, en último término, su conservación.

La restauración ecológica, por ejemplo, es uno de los intentos más reconocidos y extendidos para recuperar la biodiversidad en México y en el mundo. Sin embargo, cabe decir que la restauración se confunde muchas veces con la reforestación y las plantaciones forestales debido a la falta de claridad acerca de los que se pretende restaurar y a la carencia de plantas o semillas de las especies nativas para llevarla a cabo. No obstante, hay otra posibilidad para llevar a cabo la restauración o recuperación de comunidades y ecosistemas, pero, sobre todo, de paisajes. Se trata de identificar las características y condiciones que facilitan el desplazamiento de las especies en el sitio que restaurar, abriendo la posibilidad de una recuperación continua; es más, de conducir la restauración, desde antes que ocurra la perturbación o deforestación. Se trata de organizar planes de manejo integrales que vinculen la conservación con la movilidad de plantas y animales en el territorio y con el uso del suelo.

Un ejemplo es la ganadería. El manejo de potreros y pastizales implica la modificación de la cubierta vegetal original para la siembra de pastos. Ha quedado demostrado que algunos de los elementos naturales —como los árboles y los arbustos nativos—, cuando se dejan en píe, permiten combinar necesidades del ganado (como la sombra) con la posibilidad de aumentar la movilidad de las especies a través del campo y entre fragmentos de vegetación (Guevara *et al.*, 2018). Otro aspecto importante se refiere al cambio climático, que modifica las condiciones ambientales e impele a las especies a explorar nuevos hábitats, y que para ello requieren de tener facilidades de desplazamiento y movilidad en el territorio.

En el contexto del estado, surge la pregunta: ¿Qué cambios tenemos que emprender en el diseño y manejo de las áreas naturales protegidas para convertirlas en operadoras del cambio ante las condiciones del entorno medioambiental ocasionado por el uso del suelo, el cambio climático y los eventos naturales, para recobrar e integrar la biodiversidad de los ambientes natural, rural y urbano, y enfrentar los cambios globales manteniendo la perspectiva del desarrollo y el bienestar humano a largo plazo?

El paisaje ¡es la opción!

La estructura del paisaje está dada por la diversidad de especies y su abundancia, por la interacción interespecífica y su funcionamiento, y por la movilidad de las especies en el territorio. Es un sistema capaz de asimilar el efecto de las perturbaciones producidas por los fenómenos atmosféricos como huracanes y sequías, y de los eventos geológicos que configuran el terreno (Mori, 2011), así como el efecto de las actividades humanas. Una construcción natural y humana que tiene historia y memoria (Chase, 2003; Guevara, 2019).

El estudio y tipificación del paisaje están estrechamente vinculados con los cambios que causan las perturbaciones ambientales. A pesar de la importancia que tiene el concepto de perturbación para manejar el efecto de los fenómenos naturales y del manejo humano, todavía quedan por responder varias preguntas antes de puntualizar acerca de la relación entre la perturbación y la recuperación de los paisajes (Turner *et al.*, 1997).

El efecto que tienen las distintas perturbaciones y la capacidad de recuperación de los paisajes varía radicalmente en cada región. Las diferencias regionales de la vulnerabilidad biótica y los legados antropogénicos, el acoplamiento cada vez más estrecho de los sistemas humano-ecológicos y la influencia del cambio ambiental global proporcionan tanto desafíos como oportunidades para identificar nuevas alternativas para la conservación de la biodiversidad (Gardner *et al.*, 2009) y para diseñar estrategias para la planeación y el manejo del medio ambiente.

Para mostrar este punto de vista, se puede acudir a lo que ha ocurrido con Mesoamérica. Esta región se extiende desde el centro norte de México hasta Costa Rica en Centroamérica (Kirchhoff, 1943). A pesar de que esta región es menor al 0.5 % de la extensión terrestre del planeta, posee entre 7 y 10 %

de las formas de vida conocidas, lo que significa 17 % de todas las especies terrestres (Mittermeir *et al.*, 1998). Es paradójico que Mesoamérica tenga esa enorme diversidad biológica y cultural en su reducida extensión, a pesar del impacto continuo de fenómenos naturales y del intenso manejo del territorio llevado a cabo por los pueblos y las culturas mesoamericanas y por el agresivo uso actual del suelo. Esto, más que efecto de los fenómenos naturales de largo plazo en el paisaje, es resultado de la domesticación de especies y el apego de las culturas mesoamericanas a los procesos de respuesta a la perturbación de corto plazo, por ejemplo, la regeneración natural (Guevara, 2019).

Esta hipótesis plantea algunas preguntas que sugieren nuevos aspectos para el manejo del ambiente y nuevas directrices para la investigación interdisciplinaria:

- ¿Acaso los pueblos mesoamericanos escogieron para asentarse los paisajes sometidos al frecuente impacto de fenómenos naturales de gran escala, por haber reconocido que poseían una gran capacidad de recuperación?
- ¿Aprovecharon los procesos y mecanismos de recuperación natural de paisajes para manejar sus cultivos, la productividad agrícola y la disponibilidad de recursos naturales a largo plazo?
- ¿Esa capacidad de recuperación podría ser una de las claves para el manejo del paisaje?
- ¿La actividad humana propició así la diversidad biofísica y aumentó la resiliencia del paisaje?

El paisaje, a pesar de tener una capacidad para asimilar los cambios y mantener su capacidad de recuperación natural, requiere de una cierta parsimonia de los cambios. Ésta ha sido ampliamente rebasada por la velocidad e intensidad de los cambios actuales, que no reconocen la resiliencia del paisaje basada en la movilidad de las especies y la renovación de los procesos básicos.

El cambio es una condición del ambiente biofísico y social. La diversidad biológica y cultural se renueva como efecto de las perturbaciones naturales y humanas. No se puede entender la estructura y el funcionamiento actual del ecosistema ni del paisaje sin tomar en cuenta la relación de causa efecto entre la perturbación y el cambio.

El paisaje no es homogéneo, se ve como un mosaico de agrupaciones de especies, cada una relacionada con una perturbación de distinta intensidad y

extensión y distintos períodos de recuperación, cohesionados por las especies de plantas y animales que se mueven libremente en ese mosaico. Una visión como ésta permite reinterpretar el resultado de la deforestación y la fragmentación de la cubierta forestal y abordar su manejo y recuperación. Las preguntas que aún tenemos que responder son una buena proposición para impulsar estudios e investigaciones de largo plazo (Martínez-Ramos *et al.*, 2016).

Se han bosquejado dos aspectos para relacionar la perturbación con la regeneración natural de ecosistemas y paisajes. El primero, aunque actual, tiene un origen histórico. Se trata del manejo agrícola mesoamericano, ligado a la perturbación, manejo del paisaje que habría que desentrañar (Middleton, 2013). El segundo se refiere a la movilidad de las especies que les permitió mantener la resiliencia del paisaje.

El paisaje potosino

La diversidad de los paisajes de San Luis Potosí se debe a sus extremas condiciones ambientales, a que hay una gran disponibilidad de especies de distinto origen biogeográfico y a la temprana ocupación humana del territorio. Las especies de afinidad templada (neártica) y aquellas de afinidad tropical (neotropical) disponen de una gran riqueza de hábitats ubicados en las provincias del Desierto Chihuahuense, la Sierra Madre Oriental y la provincia veracruzana (Morrone, 2019). Las características biofísicas del territorio y de las provincias gravitan en torno a la Sierra Madre Oriental. Su trazo, elevación y orientación determinaron los antecedentes, explican la situación actual y son la pauta para el futuro del ambiente potosino. La naturaleza geológica de la sierra, su extensión, su posición central, su orientación del norte al sur y sus elevaciones dividen al territorio en Altiplano, al occidente; parte del Desierto Chihuahuense, con una extensión de 36.0 % del territorio potosino, en la Huasteca, que es el 8.0 % de la entidad y que es parte de la planicie costera del golfo de México, y en la propia sierra, que tiene una superficie de 56 % de la entidad.

Las tres provincias fisiográficas siguen un trazo general paralelo a la costa del golfo de México. La Sierra Madre es una barrera para las condiciones climáticas húmedas del golfo de México, con una vertiente húmeda hacia la costa y una vertiente seca hacia el altiplano. La sierra más allá del norte del estado separa el altiplano central de la planicie costera, y hacia el sur se une con

el eje volcánico transversal. Su elevación y orientación se traduce en gradientes de condiciones ambientales, desde el nivel del mar hasta más de 3 000 msnm, que pueden ser bruscos o paulatinos, que dan lugar a gradientes climáticos y gradientes geológicos suaves o abruptos, que le dan a la biodiversidad una gran posibilidad de desplazarse de norte a sur y del nivel del mar hasta más de 3 000 metros de altitud, encontrando las mejores condiciones para establecerse.

La sierra creó también numerosas alternativas para la migración y ocupación de la región por los grupos humanos que ingresaron al territorio provenientes del norte del continente a través del altiplano central, del centro de México siguiendo las montañas y de la planicie costera del golfo de México. Fueron comunidades que desarrollaron distintas formas para el uso de los recursos naturales: dos grandes modalidades, la caza y recolección en los altiplanos y en la parte baja de la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental, y el cultivo en las tierras bajas costeras y en la parte baja de la vertiente oriental de la sierra. Cada modalidad entendió el paisaje de distinta forma, se relacionó con él de distinta manera, se apropió y lo adaptó siguiendo los procesos ecológicos de respuesta a las perturbaciones naturales para la recuperación del paisaje.

La recuperación espontánea del efecto de las perturbaciones era muy contrastante entre los dos tipos geofísicos, muy lenta en los matorrales secos y rápida en las selvas húmedas y semihúmedas. Dos valores distintos de la biodiversidad y del manejo. Especies endémicas en las regiones secas y semisecas, y especies que propician la rápida recuperación del paisaje y la fertilidad del suelo en las regiones húmedas. Desde el punto de vista de la resiliencia del paisaje, ésta es casi nula en las provincias secas y alta en las provincias húmedas y semihúmedas.

Estos son antecedentes de la estructura y dinámica del paisaje para evaluar los cambios en el uso de los recursos traídos por los colonizadores españoles y posteriormente por el uso moderno (Guevara, 2021). La estimación de la diversidad del paisaje es más integral que los tipos de vegetación (cuadro 1.1), que son sólo indicativos de condiciones físicas, pero no evalúan su potencial para participar en la regeneración de los paisajes (Dent y Wright, 2009).

La clave actual para el entendimiento y aprovechamiento de la diversidad biológica y cultural, y por tanto del paisaje en San Luis Potosí, es la movilidad de las especies de plantas y animales en cada provincia biogeográfica/fisiográfica y entre las tres provincias. La capacidad de dispersión de cada especie a través de medios físicos como el viento o el agua, o biológico a través de es-

Cuadro 1.1. Resumen de las características antecedentes y calidades de los paisajes

Características de los paisajes de San Luis Potosí			
Ambiente biofísico			
Provincias biogeográficas/fisiográficas		*Clima*	*Vegetación*
1. Desierto chihuahuense y altiplano occidental		Seco	Matorrales
2. Sierra Madre Oriental a. vertiente occidental b. vertiente oriental		 Seco Subhúmedo	 Matorrales Bosques
3. Huasteca / planicie costera		Húmedo	Selvas
Usos y perturbaciones			
Antecedentes	*Perturbación natural*	*Uso del suelo*	*Regeneración*
1. caza y recolección	Sequía	Ganadería y minería	lenta, - resiliencia
2a. caza y recolección	Sequía	Ganadería	media, + resiliencia
2b. cultivo y domesticación	Huracanes	Agricultura	alta, +/++ resiliencia
3. cultivo y domesticación	Huracanes	Agricultura	alta, +++ resiliencia
Calidades para el manejo			
1. alta biodiversidad	+++ especies endémicas	++ especies amenazadas	crecimiento lento, – movilidad
2a. alta biodiversidad	+++ especies endémicas	+ especies amenazadas	crecimiento medio, ++ movilidad
2b. alta biodiversidad	+ especies endémicas	– especies amenazadas	crecimiento medio, +++ movilidad
3. alta biodiversidad	– especies endémicas	– especies amenazadas	rápido crecimiento, +++ movilidad

Este cuadro tiene la finalidad de proporcionar una guía para analizar y entender las distintas modalidades de paisaje y que permita generar hipótesis de manejo y conservación de las especies y de otros valores, que han demostrado ser útiles y más eficientes para el diseño de áreas naturales protegidas, considerando la movilidad y posibilidades de dispersión de las especies, e incorporando su potencial de regeneración espontánea ante la perturbación (resiliencia).

pecies frugívoras es importante. Pero también es fundamental contar con la disponibilidad de los gradientes altitudinales que hay en las vertientes seca y húmeda de la Sierra Madre Oriental, que permiten el movimiento de las especies del norte al sur y viceversa, y desde el nivel del mar hasta más de 3 000 metros de altitud. Por tanto, los valores de permanencia de las especies como su dispersión y movilidad son el futuro del diseño de áreas naturales protegidas en San Luis Potosí (Edwards *et al.*, 2014).

En búsqueda del paisaje

El paisaje es el escenario donde se dirime la diversidad biológica y cultural (Keeley y Zedler, 1978). La civilización mesoamericana reconoció los rasgos clave del ambiente que le permitían recobrarse de una perturbación a mediana y pequeña escala, y eso permitió lograr una alta y sostenida producción agrícola combinando sistemas permanentes y temporales. Las distintas culturas manejaron el paisaje, lo conservaron y lo recuperaron integrando los espacios naturales, transformados y agrícolas, basándose en la movilidad innata de las especies en el territorio y a lo largo del tiempo. En la construcción de nuevos paisajes, identificaron los factores y las condiciones ambientales existentes que facilitaban su desplazamiento y aun crearon otras posibilidades (Guevara, 2016).

Estos puntos de vista apoyan la hipótesis de que la influencia de los eventos naturales de largo plazo en el paisaje aumenta su resiliencia (Sousa 1984). Hay una correlación entre la intensidad y la extensión de la perturbación y la resiliencia. Esta podría ser la clave que explica que los paisajes hayan mantenido la diversidad hasta ahora a pesar del uso actual del suelo, que sustituye la capacidad de regeneración del paisaje, la recuperación de las condiciones del suelo y la disponibilidad de humedad, cultivando pocas especies en campos enormes, movilizando recursos de agua e introduciendo insumos químicos.

El concepto de paisaje se puede enriquecer mediante la percepción que tienen la población y los productores locales de su entorno, como lo perciben e imaginan. A su vez la gente puede usar la idea del paisaje como una forma de integrar el conocimiento y experiencias que poseen del ambiente (Hunn y Meilleur, 2010).

El diseño y la construcción del paisaje puede hacerse a distintas escalas. A una escala media, el paisaje depende de la movilidad de las especies entre zonas

naturales y agrícolas enfocado en el proceso de regeneración natural. A gran escala, las especies se desplazan a través de un mosaico de ecosistemas, explorando nuevos hábitats y creando nuevos conjuntos de especies. A este desplazamiento se le conoce como conectividad (Guevara, 2016).

Referencias

Aguirre, R. S. (2018). "Misiones a debate. Intereses arzobispales y monárquicos en la custodia franciscana de Tampico, 1700-1750", *Fronteras de la Historia*, vol. 24, núm. 2, pp. 80-108.

Conabio (2019). *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. 1. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, Gobierno de San Luis Potosí.

Chase, J. M. (2003). "Community Assembly: When Should History Matter?", *Oecologia*, núm. 136, pp. 489-498.

Chazdon, R. L. (2014). *Secondary Growth.* Chicago: The University Chicago Press.

Contreras Servín, C. (2019). "Clima", en *"La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado*, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, pp. 39-43.

Contreras Servín, C. (2016). "Las sequías en la región centro-norte de México. 1868-1950", en S. A. Cañedo y C. Radding (eds.), *Historia, medio ambiente y áreas naturales protegidas en el centro-norte de México. Contribuciones para la ambientalización de la historiografía mexicana, siglos XVIII-XXI*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis, pp. 153-176.

Dent, D. H. y S. J. Wright (2009). "The Future of Tropical Species in Secondary Forests: A Quantitative Review", *Biological Conservation*, núm. 142, pp. 2833-2843.

Edwards, D. P., J. A. Tobias, D. Sheil, E. Meijaard y W. F. Laurance (2014). "Maintaining Ecosystem Function and Services in Logged Tropical Forests", *Trends in Ecology & Evolution*, núm. 29, pp. 511-520.

Errejón Gómez, J. C., J. Vila Subirós, J. L. Flores Flores, H. Reyes Hernández y C. A. Muñoz-Robles (2018). "Conectividad de los ecosistemas

entre las reservas de la biosfera El Cielo y Sierra del Abra Tanchipa en México", *Investigaciones Geográficas*, núm. 70, pp. 181-196.

Estrada, A. E., J. R. Arévalo, J. A. Villarreal, M.M. Salinas Rodríguez, J. A. Encina-Domínguez, H. González Rodríguez y C. M. Cantú Ayala (2015). "Classification and Ordination of Main Plant Communities Along an Altitudinal Gradient in the Arid and Temperate Climates of Northeastern Mexico", *The Science of Nature*, núm. 102. <https://doi.org/10.1007/s00114-015-1306-3>.

Farfán-Gutiérrez, M., A. P. Cuero-Robayo, G. Rodríguez-Tapia y T. Escalante (2019). "Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo en el periodo 2002-2007", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, pp. 121-125.

Flores-Rivas, J. D., R. Mireles-Sánchez, J. A. Flores-Cano, B. M. González-Silva y L. Chapa-Vargas (2008). *Programa estratégico forestal del estado de San Luis Potosí (PEFE-SLP) 2006-2025.* San Luis Potosí: Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología.

Gardner, T. A., J. Barlow, R. Chazdon. R. M. Ewers, C. A. Harvey, C.A. Peres y N. S. Sodhi (2009). "Prospects for Tropical Forest Biodiversity in a Human-Modified World", *Ecology Letters*, núm. 12, pp. 561-582.

Guevara, S. (2016). "Biodiversidad y resiliencia de la selva húmeda en Mesoamérica", en N. Sáenz y R. Lewis (eds.), *Tropical Forest Conservation: Long Term Processes of Human Evolution, Cultural Adaptation and Consumption Patterns.* París: Unesco, pp. 188-203.

Guevara, S. (2019). "Perturbaciones naturales, diversidad cultural y ecosistémica", en *Las reservas de biosfera ante el impacto de eventos naturales y sociales.* Madrid: Secretaría de la Red IberoMaB / Unesco, pp. 9-17.

Guevara, S. (2021). "Una mirada al paisaje de Mesoamérica en el siglo xvi", en H. Rodríguez Herrero (coord.), *La conquista de México y su uso en la historia*. México: Universidad Veracruzana / Ayuntamiento de Xalapa, pp. 17-29.

Guevara, S. y J. Laborde (2014). "The Mesoamerican Rain Forest Environmental History. Livestock and Landscape Biodiversity at Los Tuxtlas, Mexico", *PASTOS*, vol. 42, núm. 2, número especial, "Grazing Systems and Biodiversity in Latin American Areas: Colombia, Chile and Mexico", S. Guevara y J. Laborde (eds.), pp. 219-250.

Guevara, S., J. Laborde y G. Sánchez Ríos (2018). "El paisaje de la ganadería: una experiencia tropical", en G. Halffter, M. Cruz y C. Huerta (comps.), *Ganadería sustentable en el golfo de México*. México: Instituto de Ecología, pp. 163-189.

Halffter, G. y J. J. Morrone (2017). "An Analytical Review of Halffter's Mexican Transition Zone, and its Relevance for Evolutionary Biogeography, Ecology and Biogeographical Regionalization", *Zootaxa*, núm. 4226, pp. 1-46.

Herrera, C. M. L. (1999). *Misiones de la Huasteca Potosina: custodia del Salvador de Tampico. época colonial.* México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes / Instituto de Cultura San Luis Potosí.

Hunn, E. S. y B. A. Meilleur (2010). "Toward a Theory of Landscape Ethnoecological Classification", en L. Johnson y E. Hunn (eds.), *Landscape Ethnoecology: Concepts of Biotic and Physical Space.* Nueva York / Oxford: Berghan Books, pp. 15-26.

inegi (2016). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Serie VI (continuo nacional) capa unión". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Keeley, J. E. y P. H. Zedler (1978). "Reproduction of Chaparral Shrubs After Fire: A Comparison of Sprouting and Seeding Strategies", *American Midland Naturalist*, núm. 99, pp. 142-61.

Kirchhoff, P. (1943). *Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales.* México: Secretaría de Educación Pública / Instituto Nacional de Antropología e Historia / Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Laborde, J., S. Guevara y G. Sánchez-Ríos (2008). "Tree and Shrub Seed Dispersal in Pastures: The Importance of Rainforest Trees Outside Forest Fragments", *Ecoscience*, núm. 15, pp. 6-16.

Lugo, A. E. (2002). "Can We Manage Tropical Landscapes? —An Answer From the Caribbean Perspective", *Landscape Ecology,* núm. 17, pp. 601-615.

Luna-Vega I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.) (2004). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.

Martínez-Ramos, M., A. Pingarroni, J. Rodríguez-Velázquez, L. Toledo-Chelala, I. Zermeño-Hernández y F. Bongers (2016). "Natural Forest

Regeneration and Ecological Restoration in Human-Modified Tropical Landscapes", *Biotropica*, núm. 48, pp. 745-757.

Mas, J. F., A. Velázquez , J. R. Días-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez-Vega (2004). "Assessing Land Use/Cover Changes: A Nationwide Multidate Spatial Database for Mexico", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, núm. 5, pp. 249-261.

McConkey, K. R., S. Prasad, R. T. Corlett, A. Campos-Arceiz, J. F. Brodie, H. Rogers y L. Santamaria (2012). "Seed Dispersal in Changing Landscapes", *Biological Conservation,* núm. 146, pp. 1-13.

Meade, J. (1970). *Historia de Valles. Monografía de la Huasteca Potosina.* San Luis Potosí: Sociedad Potosina de Estudios Históricos.

Middleton, B. A. (2013). "Rediscovering Traditional Vegetation Management in Preserves: Trading Experiences Between Cultures and Continents", *Biological Conservation,* núm. 158, pp. 271-279.

Mittermeier, R. A., N. Myers, J. B. Thompsen, G. A. B. da Fonseca y S. Olivieri (1998). "Global Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas", *Conservation Biology,* núm. 12, pp. 516-520.

Monroy Castillo, M. I y T. Calvillo Unna (2010). *San Luis Potosí. Historia breve.* México: El Colegio de México / Fondo de Cultura Económica.

Mori, A. S. (2011). "Ecosystem Management Based on Natural Disturbances: Hierarchical Context and Non-Equilibrium Paradigm", *Journal of Applied Ecology,* núm. 48, pp. 280-292.

Morrone, J .J. (2019). "Biogeografía regional y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* núm. 90, pp. 1-68.

Parsons, J. R. (2010). "The Pastoral Niche in Pre-Hispanic Mesoamerica", en J. E. Staller y M. Carrasco (eds.), *Pre-Columbian Food Ways. Interdisciplinary Approaches to Food, Culture and Markets in Ancient Mesoamerica.* Nueva York: Springer Science, pp. 109-137.

Pickett, S. T. A., R. S. Ostfeld, M. Shachack y G. E. Likens (eds.) (1997). "The Ecological Basis of Conservation: Heterogeneity", en *Ecosystems and Biodiversity.* Nueva York: Chapman & Hall, pp. 6-36.

Radding, C. (2022). "El paisaje como texto. Etnografía e historia ambiental", en P. S. Urquijo, A. E. Lazos y K. Lefebre (coords.), *Historia ambiental de América Latina: enfoques, procedimientos y cotidianidades.* México:

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental / Universidad Nacional Autónoma de México, pp. México 184-198.

Rangel Silva, J. A. (2009). "Pames, franciscanos y estancieros en Rioverde, Valles y sur de Nuevo Santander, 1600-1800", *Relaciones*, vol. xxx, núm. 120, pp. 225-266.

Reyes-Hernández, H. (2019). "Deforestación y fragmentación de los bosques y selvas", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 139-144.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina*, núm. 5, pp. 5-291.

Sahagún-Sánchez, F. J., H. Reyes-Hernández, J. Flores-Flores y L. Chapa-Vargas (2011). "Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México", *Journal of Latin American Geography*, núm. 10, pp. 65-86.

Salazar, G. G. (2000). *Las haciendas en el siglo xvii en la región minera de San Luis Potosí.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Sluyter, A. (1999). "The Making of the Myth in Post-Colonial Development: Material-Conceptual Landscape Transformation in Sixteenth-Century Veracruz", *Annals of the Association of American Geographers,* vol. 89, núm. 3, pp. 377-401.

Sluyter, A. (1996). "The Ecological Origins and Consequences of Cattle Ranching in Sixteenth-Century New Spain", *The Geographical Review*, núm. 86, pp. 161-177.

Sousa, W. P. (1984). "The Role of Disturbance in Natural Communities", *Annual Review of Ecology and Systematics*, núm. 15, pp. 353-391.

Torres-Colín, R., J. G. Parra, A. Lucero, M. P. Ramírez, C. Gómez-Hinostrosa, R. T. Bárcenas y H. M. Hernández (2017). "Flora vascular del municipio de Guadalcázar y zonas adyacentes, San Luis Potosí, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* vol. 88, núm. 3, pp. 524-554. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.003>.

Turner, M. G., V. H. Dale y E. H. Everham (1997). "Fires, Hurricanes, and Volcanoes: Comparing Large Disturbances", *BioScience,* núm. 47, pp. 758-768.

Urquijo, P. S., A. E. Lazos y K. Lefebre (coords.) (2022). *Historia ambiental de América Latina: enfoques, procedimientos y cotidianidades.* México:

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.

Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio (2002). "Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México", *Gaceta Ecológica,* núm. 62, pp. 21-37.

Villaseñor, J. L. (2016). "Checklist of the Native Vascular Plants of Mexico", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* vol. 87, núm. 3, pp. 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.

CAPÍTULO 2
EL USO DE SUELO

Arturo De-Nova
Enrique De-Nova
Joel Flores Rivas
Humberto Reyes-Hernández
Francisco Javier Sahagún-Sánchez

La cobertura y los usos del suelo como elementos de análisis permiten reconocer la situación y estabilidad de los ecosistemas terrestres, así como los impactos de las actividades antrópicas a lo largo del tiempo. La cobertura del suelo se define como la cubierta —natural o antropizada— observada sobre la superficie terrestre, y puede ser con vegetación, suelo desnudo, o bien construida; mientras que el uso del suelo se refiere al arreglo, actividad o sistema productivo desarrollado por los seres humanos en un tiempo y espacio definido. Por medio del uso del suelo se produce lo necesario para la supervivencia de la humanidad. Sin embargo, el impacto derivado de este proceso, ordinariamente, se relaciona con la deforestación y fragmentación de los ecosistemas, la desertificación, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos.

No obstante que los factores asociados con estas transformaciones son múltiples y muy variados, algunos de ellos se han identificado como los principales promotores de los cambios en los usos del suelo. Entre éstos destacan la creación de infraestructura, el crecimiento urbano, los incendios forestales, la tenencia de la tierra, la intensificación del uso del suelo y el acceso a los mercados (Reyes-Hernández *et al*., 2006).

Los procesos de deforestación y fragmentación generan la reducción del hábitat y pueden causar extinción local de especies; además, provocan la pérdida de conectividad entre ecosistemas (véase el capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad"). Por ello, resulta importante mantener la cubierta vegetal, pues su reducción o pérdida tiene impacto negativo sobre la provisión de servicios ecosistémicos y, en general, sobre la calidad de vida de la sociedad (Reyes-Hernández, 2019).

Dinámica de cambio en el uso de suelo

Para el estado de San Luis Potosí, se han desarrollado distintos estudios sobre la dinámica de cambio en el uso de suelo (Miranda-Aragón *et al.*, 2013, Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019) que han permitido identificar y ubicar espacialmente los cambios en la entidad. Ambos trabajos se basaron en la comparación de la información vectorial de las series II, III y IV de la capa de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2005; 2009). En un esfuerzo por actualizar la información, en este trabajo se analizaron los cambios subsecuentes a partir de la comparación entre las series IV y VI (Inegi, 2009; 2016) para determinar las tendencias de cambio en la cubierta vegetal y los usos del suelo. De acuerdo con la serie VI, el territorio cubierto por vegetación primaria es 55.25 %, por vegetación secundaria e inducida 17.19 % y de uso de suelo agrícola, pecuario y forestal 27.55 %.

Los estudios previos señalan que entre 1993 y 2002 se perdieron en la entidad cerca de 164 500 ha de vegetación natural (bosques, selvas y matorrales), lo que corresponde a un 8.2 % de la superficie total forestal del territorio (Flores-Rivas *et al.*, 2008; Reyes-Hernández, 2019). Farfán-Gutiérrez *et al.* (2019) indican que durante el periodo de 2002 a 2007 se perdieron un total de 9 900 ha de coberturas naturales, que corresponden principalmente a matorral xerófilo (9 400 ha) y selvas (500 ha).

Para el periodo de 2009 a 2016, se incrementó considerablemente la superficie donde se manifestaron cambios de uso de suelo, principalmente en cubiertas vegetales de matorrales xerófilos (56 734.83 ha), pastizales (14 110.65 ha) y bosque mesófilo de montaña (507.33 ha). La recuperación de los bosques en general, señalada por Farfán-Gutiérrez *et al.* (2019) para el periodo 2002-2007 (8 869 ha) continúa en el periodo 2009-2016 (881.46 ha), aunque existen regiones en donde es notoria su degradación. Esto se refleja en el incremento en 71 702 ha de vegetación secundaria (aquella que reemplaza a la vegetación original) para dicho periodo, y en la pérdida de 127 787.62 ha de cubierta vegetal primaria, es decir, del tipo de vegetación que existe originalmente (cuadro 2.1).

Aunado a lo anterior, en las últimas décadas se ha extendido la reconversión del sistema ancestral de agricultura conocido como roza, tumba y quema, cuyos terrenos son gradualmente convertidos a potreros, lo que impide la regeneración natural del sistema (Montoya-Toledo, 2009; Sahagún-Sánchez

Cuadro 2.1. Estimación de las diferencias en superficie de cubierta vegetal en San Luis Potosí Durante el Periodo 2009-2016.

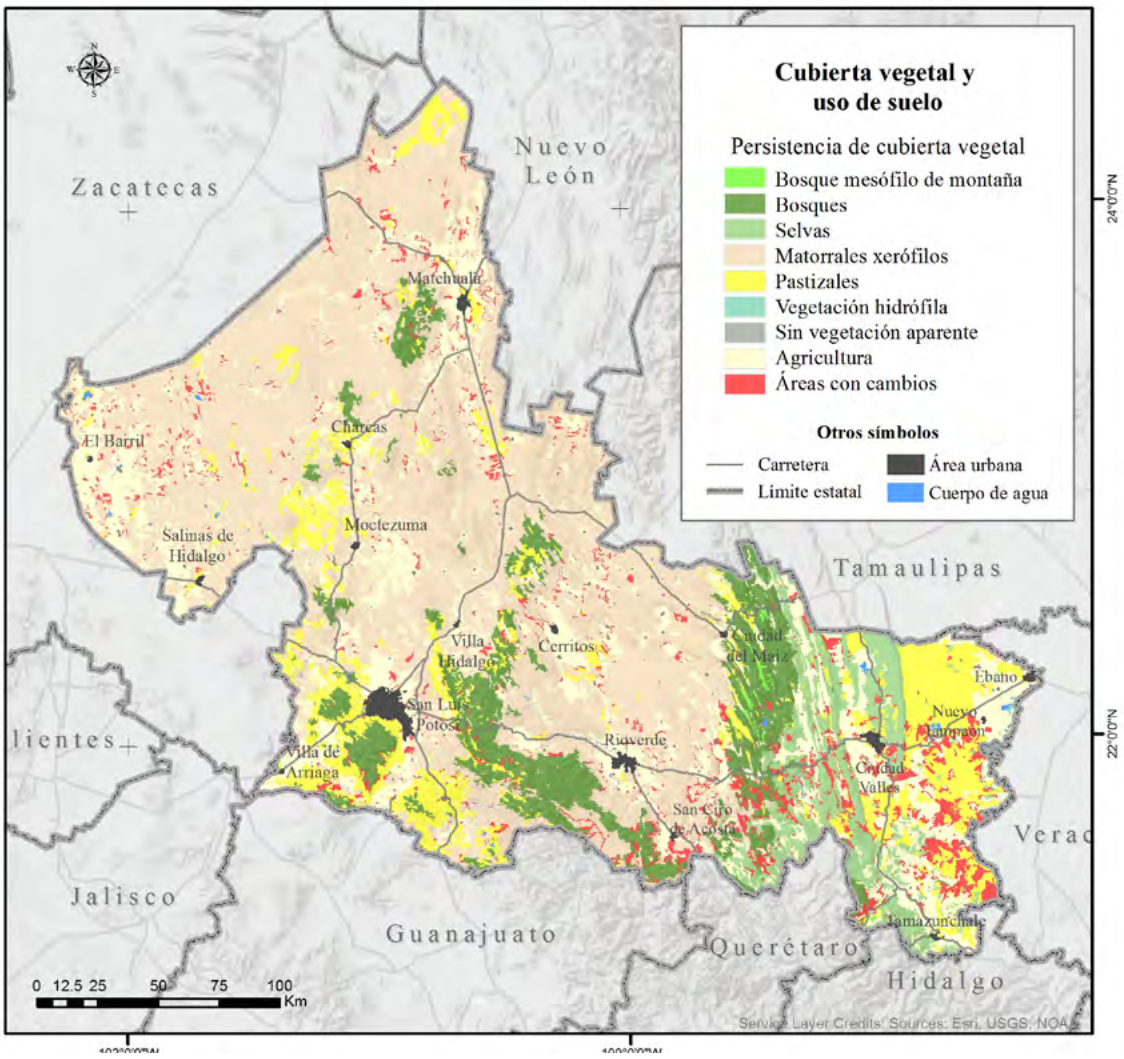
Clase	*Serie IV Superficie 2009 (ha)*	*Serie VI Superficie 2016 (ha)*	*Diferencia (ha)*
Vegetación primaria	3 465 045.53	3 337 257.90	−127 787.62
Vegetación secundaria	818 215.71	889 918.07	71 702.36
Vegetación inducida	148 879.19	148 687.62	−191.56
Sin vegetación	274.58	2 415.57	2 140.99

et al., 2011; Reyes-Hernández, 2019). La conversión de la cobertura forestal a campos de cultivo y pastoreo y la intensificación de los usos del suelo para otros fines de tipo antrópico en esta región han traído como consecuencia la disminución del caudal de agua de los ríos, la degradación del suelo y el incremento de los procesos de erosión, remoción en masa y deslizamiento de las laderas en la Sierra Madre Oriental (Grau *et al.*, 2003; Reyes-Hernández, 2019).

En general, las áreas destinadas para el uso de suelo agrícola, pecuario y forestal se han incrementado de manera significativa durante dicho periodo. Se ha señalado con anterioridad que la mayor superficie con cambios de uso de suelo se observa en la región Huasteca, en donde las actividades agropecuarias han tenido un creciente auge en los últimos años (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011; Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019). Sin embargo, el análisis actual muestra que en algunos sitios del Altiplano, la región Centro y la Media los matorrales xerófilos han sufrido un proceso profundo de transformación promovido en su mayoría por actividades agropecuarias, así como por la expansión de la infraestructura y los asentamientos humanos, como se observa en la figura 2.1.

Previamente, Farfán-Gutiérrez *et al.* (2019) estimaron la probabilidad de cambio para las coberturas naturales de San Luis Potosí hacia áreas de uso de suelo agrícola, pecuario y forestal, donde resaltan las selvas y el pastizal natural como las cubiertas vegetales con las probabilidades más altas de transición, mientras que los bosques presentaron una baja probabilidad. En el pastizal natural se señala una vulnerabilidad adicional dada su aptitud adecuada para el uso de pastoreo. Los señalamientos anteriores plantean un panorama de vulnerabilidad ante el cambio de uso de suelo distinto entre los ecosistemas templados y tropicales del territorio potosino (Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019). Las actividades que predominan como promotoras del cambio son la expan-

Figura 2.1. Persistencia de la cubierta vegetal de San Luis Potosí 2009 a 2016.



Fuente: Inegi (2005, 2009, 2016), Uso de suelo y vegetación series IV a VI. Pastizales incluye naturales e inducidos. Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

sión de las actividades agrícolas y ganaderas, el desarrollo de infraestructura y el crecimiento de los asentamientos humanos (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011). La información disponible en torno a la dinámica de cambio de uso de suelo resalta la vulnerabilidad del territorio estatal a la pérdida de cubiertas vegetales, principalmente de los matorrales xerófilos y los pastizales, lo que además impacta directamente a la biodiversidad y afecta los servicios ecosistémicos que puedan proveer.

Trayectorias de cambio

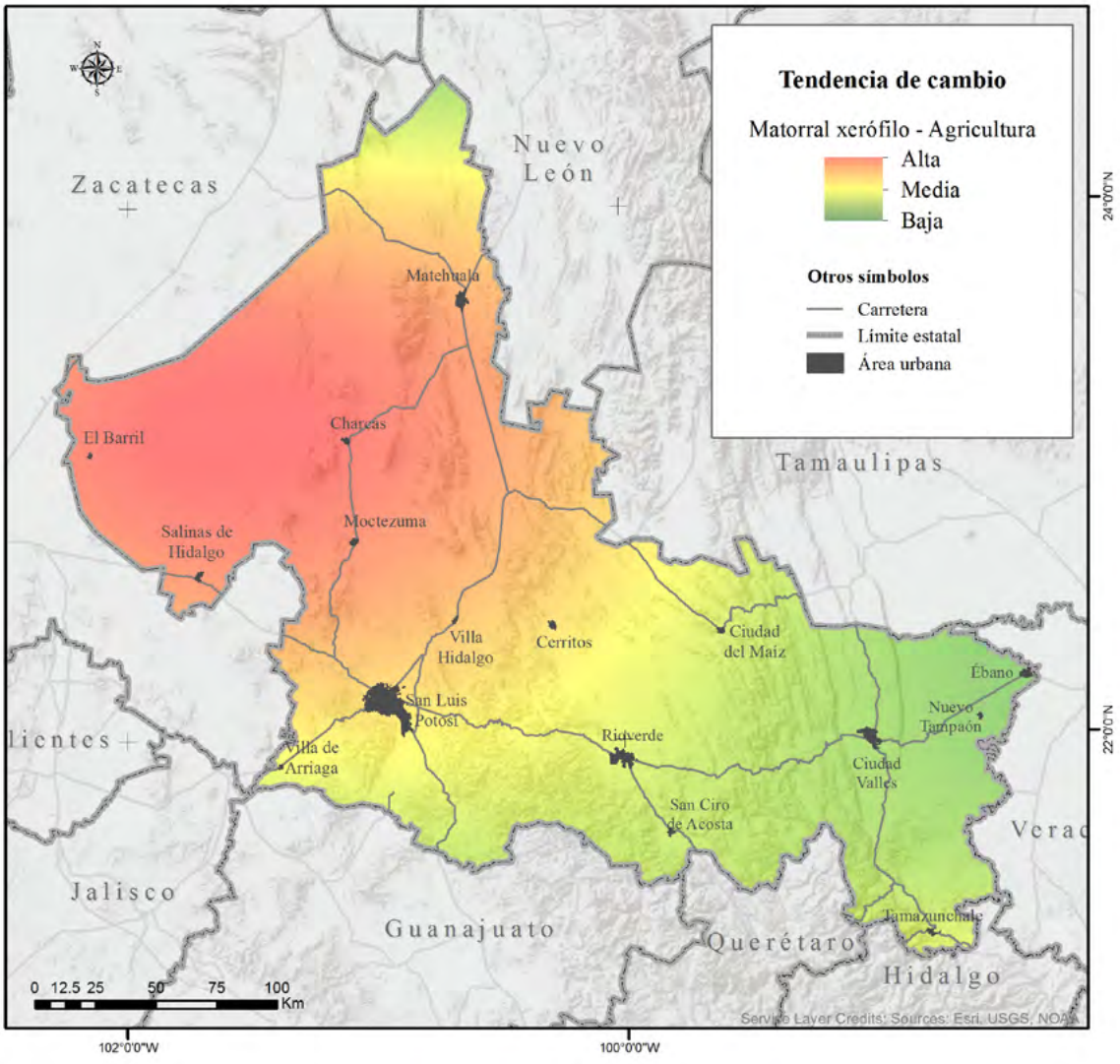
Para el análisis de las trayectorias de cambio de uso de suelo se reclasificaron las capas de información de la serie IV y VI del Inegi (2009, 2016), agregando los tipos de vegetación y usos de suelo en clases que incluyen a las siguientes: a) bosques, b) bosque mesófilo de montaña, c) selvas, d) matorrales xerófilos, e) pastizales, f) vegetación hidrófila, g) sin vegetación aparente, h) agricultura, i) cuerpos de agua, y j) asentamientos humanos.

La dinámica de cambio en la entidad se manifiesta entre las cubiertas vegetales y usos de suelo con distinta intensidad en el tiempo y el espacio. En general, el uso de suelo dedicado a la agricultura tuvo la ganancia neta más alta, con 52 247 ha, seguido por los asentamientos humanos, con 14 444 ha de incremento en superficie. Las cubiertas más afectadas fueron los matorrales xerófilos, con una reducción de 56 735 ha, y el bosque mesófilo de montaña, que se redujo en 507 ha. En el caso de los bosques y selvas, se presenta una dinámica que indica una transformación paulatina con un patrón de pérdidas y ganancias que requiere ser analizado con mayor detalle y en una escala espacial distinta. En la comparación entre capas de uso de suelo de las distintas fechas, es posible identificar zonas donde se manifiesta un proceso de fragmentación que a la postre terminará por degradar los ecosistemas en distintas regiones de la entidad. Esta fragmentación interrumpe la conectividad entre los ecosistemas (capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad").

Entre los factores de cambio de las cubiertas naturales, destaca la expansión de la agricultura, que sustituyó a 45 937 ha de matorrales xerófilos y 3 891 ha de bosques. Asimismo, los asentamientos humanos ocuparon 3 701 ha originalmente cubiertas de matorral xerófilo y 519 ha de superficie de selvas. Además, se incrementó la clase donde no hay vegetación aparente en 2 047 ha, de las cuales 1 142 ha correspondían a matorrales xerófilos. Para ejemplificar la intensidad de cambio sobre las cubiertas de matorral xerófilo, se modeló la tendencia de cambio hacia agricultura en un sistema de información geográfica, a partir de lo cual se obtuvo un mapa (figura 2.2) donde destaca la zona del Altiplano como la región donde existe una tendencia mayor al cambio y donde los usos de suelo agrícolas sustituyen con mayor intensidad a los matorrales xerófilos.

De la misma forma, se modeló la tendencia al cambio de pastizales a agricultura. El resultado muestra que en la región Huasteca es donde se intensifica

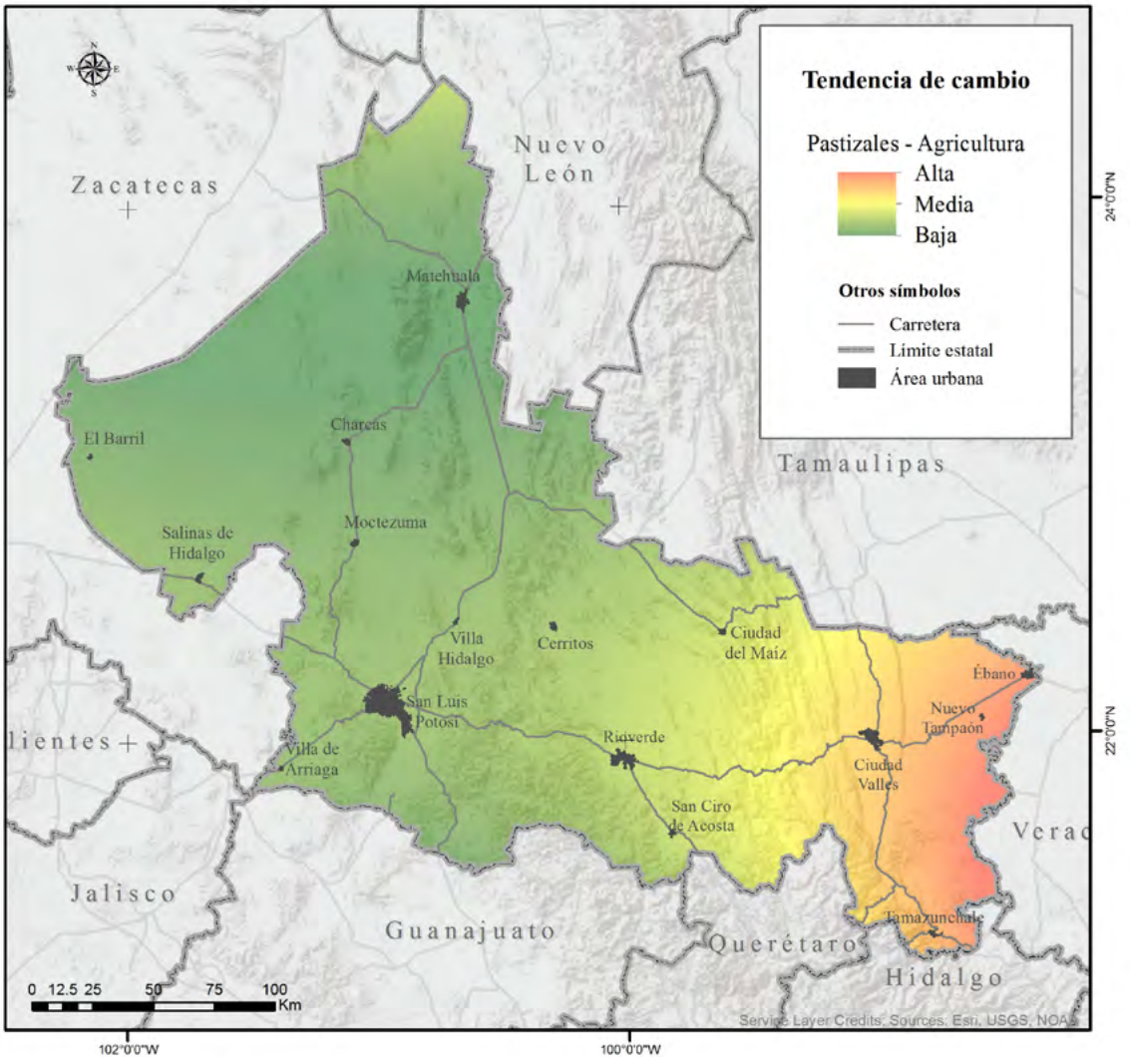
Figura 2.2. Tendencia al cambio de matorrales xerófilos a agricultura en San Luis Potosí. La superficie coloreada en verde hacia la Huasteca no presenta matorral xerófilo, y por ello la tendencia de cambio es baja.



Elaboración propia; edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

la tendencia de cambio (figura 2.3). En esta zona existen pastizales inducidos o cultivados que, de acuerdo con los resultados, se están convirtiendo en áreas dedicadas a la agricultura.

Figura 2.3. Tendencia al cambio de pastizales a agricultura.



Elaboración propia; edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Factores que promueven el cambio

Las modificaciones que se presentan entre los usos de suelo y cubiertas vegetales naturales en San Luis Potosí tienen una dinámica compleja relacionada con factores biofísicos y socioeconómicos (Guerrero *et al.*, 2008; Miranda-Aragón *et al.*, 2013). En particular, destaca el fenómeno de trasformación de los matorrales xerófilos en todo el Altiplano Potosino y hacia el noreste de México, donde históricamente se han realizado actividades de pastoreo extensivo (Mo-

lina-Guerra, 2013). Dicha actividad deteriora la cubierta vegetal herbácea y compacta el suelo, y altera los servicios ecosistémicos, lo cual puede no ser detectado a partir del procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución.

Por otro lado, la dinámica de cambios ha propiciado la aparición y el incremento de áreas cubiertas por vegetación secundaria, principalmente de selvas y bosques. Esta situación puede favorecer el desarrollo de ecotonos que pueden beneficiar a una importante diversidad de especies de animales en las áreas boscosas y selváticas de la entidad. Comúnmente, las zonas con vegetación secundaria están cerca de las cubiertas naturales no perturbadas y mantienen algún estado de sucesión ecológica que favorece la conectividad del paisaje (Sotelo-Caro *et al.*, 2015). Sumado a lo anterior, en los últimos años se ha ampliado la red de carreteras en la entidad, lo que ha propiciado que se aceleren los procesos de fragmentación de ecosistemas y se facilite el acceso para el aprovechamiento de los recursos contenidos en las cubiertas forestales. Derivado de esta situación, es posible observar cómo se amplía la influencia de las actividades humanas en zonas que permanecían relativamente en buen estado de conservación, en particular en las regiones Media y Huasteca.

Alternativas para la mitigación de los procesos de cambio

Entre las acciones clave para frenar los procesos de modificación a los ecosistemas se destacan las áreas naturales protegidas (ANP), que en el caso de San Luis Potosí cubren aproximadamente el 9.8 % de la superficie, con 599 242.98 ha protegidas. Sin embargo, existen evidencias de que los procesos de cambio han afectado incluso las cubiertas vegetales dentro de los polígonos delimitados como áreas de protección (Sahagún-Sánchez y Reyes-Hernández, 2019). Por lo anterior, es necesario trabajar en esquemas de gestión que favorezcan un contexto de gobernanza ambiental donde se pueda involucrar a los distintos actores que representan a los sectores sociales, ambientales, económicos y gubernamentales en el diseño de estrategias para mitigar los procesos de cambio y revertir los impactos generados por el cambio de uso de suelo en la entidad.

Asimismo, es necesario reconocer que la entidad presenta una importante complejidad territorial derivada de la confluencia de distintas características biofísicas y socioeconómicas, que, aunque ha sido reconocida en distintos

ejercicios de ordenamiento y regionalización, debe ser atendida desde una visión holística y multidimensional por parte de los distintos actores involucrados. Solamente de esta manera será posible proponer políticas articuladas que sean congruentes con las necesidades de desarrollo social y económico, pero que garanticen la diversidad biológica y cultural en cada región del territorio.

En la búsqueda de nuevos instrumentos de planificación y gestión territorial —los ordenamientos territorial, ecológico territorial, territorial comunitario, los planes de desarrollo urbano, los ordenamientos turísticos— surgen nuevos paradigmas que intentan armonizar los usos del suelo y sus actividades productivas con la conservación de los espacios protegidos, como el manejo integrado del paisaje (MIP) para el desarrollo sostenible. El MIP promueve una visión integral del manejo ambiental, basado en la acción colectiva, que promueve la participación de la población local rural y urbana en el diseño, desarrollo y seguimiento de acciones orientadas a la protección de la biodiversidad con una aproximación territorial de paisaje que incorpora la complejidad de las interacciones entre la naturaleza y las comunidades, así como con las actividades que desarrollan para garantizar sus medios de vida (Semarnat, 2017).

La creación de redes de conectividad, también conocidas como corredores ecológicos, es una estrategia frecuentemente propuesta para reducir los efectos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad, puesto que puede facilitar la dispersión de especies que precisen cambios en su distribución espacial debido a las nuevas condiciones climáticas.

Las ANP, vistas como nodos para la conservación de la biodiversidad y como zonas resilientes ante el cambio climático, permiten diversificar y reconvertir la producción rural para favorecer las actividades productivas socialmente incluyentes y amigables con el ambiente, así como aumentar la resiliencia socioecosistémica, mejorar la calidad de vida de la población y fomentar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Consideraciones finales

Los procesos de cambios en el uso de suelo en San Luis Potosí siguen ocasionando la transformación del paisaje con efectos negativos para los ecosistemas. Los matorrales xerófilos son una de las cubiertas naturales que más afectación han tenido en los años recientes, no obstante que constituyen reservorios im-

portantes para la biodiversidad. Además, por su extensión en la entidad, constituyen una expresión representativa del territorio que condicionan el tipo de actividades económicas y de desarrollo que se pueden realizar en gran parte de éste. Por lo anterior, resulta urgente desarrollar estrategias que promuevan alternativas para modular la dinámica de cambios en el uso de suelo, de forma que pueda garantizarse la conservación de la conectividad entre ecosistemas y su integridad biológica en la entidad.

Es momento de promover la articulación de políticas públicas que desde distintos sectores consideren la necesidad urgente de intervenir de forma coordinada en la atención del problema de cambio de uso de suelo. Asimismo, resultará clave lograr una aplicación eficaz de los instrumentos de manejo y conservación, con la colaboración y compromiso de actores comunitarios, ejidales y propietarios privados, que en un contexto de gobernanza avancen hacia el manejo integrado del paisaje en el estado de San Luis Potosí.

Referencias

Farfán-Gutiérrez, M., A. P. Cuero-Robayo, G. Rodríguez-Tapia y T. Escalante (2019). "Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo en el periodo 2002-2007", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. Ciudad de México: conabio, pp. 121-125.

Flores-Rivas, J. D., R. Mireles-Sánchez, J. A. Flores-Cano, B. M. González-Silva y L. Chapa-Vargas (2008). *Programa estratégico forestal del estado de San Luis Potosí (pefe-slp) 2006-2025.* San Luis Potosí: ipicyt.

Grau, H. R., T. A. Mitchell, J. K. Zimmerman, J. R. Thomlinson, E. Helmer y H. Zou (2003). "The Ecological Consequences of Socioeconomic and Land-Use Changes in Postagriculture Puerto Rico", *BioScience,* núm. 53, pp. 1159-1168.

Guerrero, G., O. Masera y J. F. (2008). "Land Use/Land Cover Change Dynamics in the Mexican Highlands: Current Situation and Long-Term Scenarios", en M. Paegelow y M. T. Camacho (eds.), *Modelling Environmental Dynamics: Advances in Geomatic Solutions. Environmental Science and Engineering.* Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 57-76.

inegi (2016). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie vi (continuo nacional) capa unión". México: inegi.

inegi (2009). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie iv (continuo nacional)". México: inegi.

inegi (2005). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie iii (continuo nacional)". México: inegi.

Miranda-Aragón, L., E. J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, M. Pompa-García y C. A. Aguirre-Salado (2013). "Tasas de deforestación en San Luis Potosí, México (1993-2007)", *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente,* vol. 19, núm. 2, pp. 201-215.

Molina-Guerra, V. M. (2013). "Costras biológicas del suelo en ecosistemas de pastizales del altiplano del norte de México", tesis doctoral, uanl.

Montoya-Toledo, J. N. (2009). "Diagnóstico participativo de los procesos de deforestación en dos comunidades de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí", tesis de maestría, uaslp.

Reyes-Hernández, H. (2019). "Deforestación y fragmentación de los bosques y selvas", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. Ciudad de México: conabio, pp. 139-144.

Reyes-Hernández, H., M. Aguilar Robledo, J. R. Aguirre Rivera e I. Trejo Vázquez (2006). "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000", *Investigaciones Geográficas*, núm. 59, pp. 26-42.

Sahagún-Sánchez, F. J., H. Reyes-Hernández, J. L. Flores-Flores y L. Chapa-Vargas (2011). "Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México", *Journal of Latin American Geography*, núm. 10, pp. 65-86.

Sahagún-Sánchez, F. J. y H. Reyes-Hernández (2018). "Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México", *CienciaUAT,* vol. 12, núm. 2, pp. 6-21.

Semarnat (2017). *Visión nacional de manejo integrado del paisaje y conectividad*. México: semarnat, conabio, conafor. <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cobiored/images/2016/VNMIPVersionFINAL.pdf>.

Sotelo-Caro, O., J. Chichia-González, V. Sorani y A. Flores-Palacios (2015). "Cambios en la dinámica de deforestación de la subcuenca de un río en México: la imposibilidad de recuperación de los hábitats originales después del cese de la deforestación", *Revista de Geografía Norte Grande,* núm. 61, pp. 221-227.

CAPÍTULO 3
LOS EVENTOS NATURALES

Lorena Elisa Sánchez-Higueredo

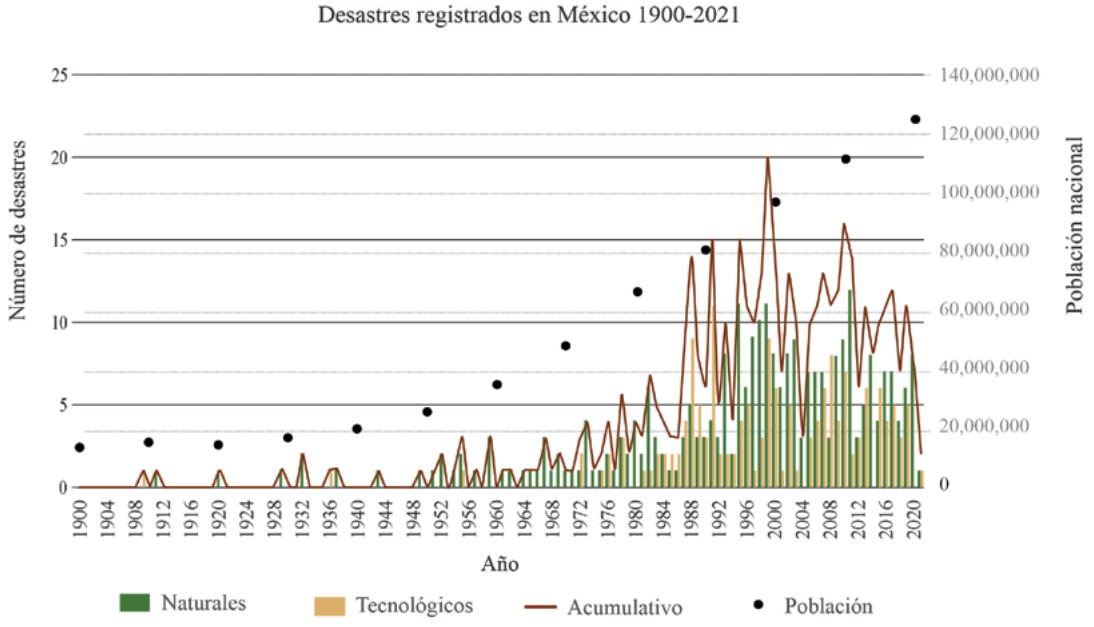
De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres —UNDRR por sus siglas en inglés (2021)—, un desastre se define como "una grave interrupción del funcionamiento de una comunidad o sociedad que implican pérdidas e impactos generalizados ya sean humanos, materiales, económicos o ambientales y que exceden la capacidad de los afectados para hacerle frente con sus propios recursos". En general, los desastres son eventos de carácter natural o antrópico que se convierten en siniestros debido a la falta de planificación y previsión. Ejemplo de ellos son los eventos hidrometeorológicos, como precipitaciones, sequías, huracanes, nevadas, granizadas y heladas; los geológicos, como terremotos y deslizamientos; además de los de origen antrópico, como explosiones, hundimientos, etcétera.

Desde la década de 1990 se ha registrado un incremento en el número de desastres naturales en el planeta (OPS, 2004; Coleman, 2006; Cenapred, 2016), así como de sus intensidades (Quarantelli, 1999). El incremento de la ocurrencia de desastres se relaciona con el aumento de la concentración de la población urbana y con los procesos de industrialización de los países, que en el caso de México se inició en los años cuarenta (Quarantelli, 1999; Coleman, 2006; Toscana, 2011; Kniivila, 2017; Abeldaño y González, 2018). El desarrollo industrial y urbano consiste en intervenciones directas e indirectas sobre el territorio y el ambiente, como son la deforestación y la fragmentación de los ecosistemas, la amenaza y pérdida de especies biológicas, y en general la reducción de la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que nos proveen. Ello tiene como consecuencia que el ser humano y sus ciudades sean más vulnerables a los desastres y al cambio climático (IPBES, 2019).

El Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, ubicado en Bélgica (CRED, por sus siglas en inglés), cuenta con una base de da-

tos ("Emergency Events Database, EM-DAT") sobre los desastres ocurridos por país desde 1900 a la fecha. La información muestra que en México existe un incremento de desastres desde la década los ochenta (figura 3.1). Entre 1900 y 1950, sólo se tienen registrados diez desastres, mientras que en las décadas de los cincuenta y sesenta se registraron diez eventos por década; se incrementa casi el triple para los años 1980 y a partir de 1991 son más de 100 desastres por década. En todo el país, Abeldaño y González (2018) identificaron que uno de cada tres desastres en México tiene un origen tecnológico (causado por acción humana directa), uno de cada cuatro es meteorológico y uno de cada cinco es hidrológico. Los desastres geológicos no son frecuentes por década, pero son los responsables del mayor número de defunciones (deslaves, hundimientos y sismos). Los desastres hidrológicos son de consideración puesto que han tendido a intensificarse a partir de la década de los ochen-

FIGURA 3.1. NÚMERO DE DESASTRES REGISTRADOS POR AÑO EN MÉXICO ENTRE 1900 Y 2021.



Las barras verdes corresponden a los desastres de origen natural y las amarillas a los desastres causados directamente por la acción humana (tecnológicos). La línea roja es el total de los desastres tanto naturales como tecnológicos, y los puntos negros corresponden a la población nacional por década. Nótese que a partir de 1980 aumentan tanto los desastres naturales como los tecnológicos. Elaborado a partir de: EM-DAT (2021); International Disaster database del CRED; INEGI (2000).

ta, que coincide con el mayor incremento de la población desde la década de 1970 y particularmente en la de los años ochenta, es decir, mayor población, incremento de la densidad poblacional y por tanto una mayor vulnerabilidad (figura 3.1; Zuñiga y Magaña, 2018).

Los desastres en San Luis Potosí

La superficie territorial que corresponde al estado de San Luis Potosí es parte de tres de las provincias fisiográficas en que se divide el país (Mesas del Centro o Altiplano Occidental, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo; véase el capítulo 4, "Las regiones y provincias"), lo que le confiere al territorio una gran variabilidad y, por ende, la susceptibilidad de que diversos desastres naturales puedan ocurrir. Pérez-Baltazar (2013) registró entre 1960 y 2010, 264 desastres naturales ocurridos en el estado, donde destacan las lluvias e inundaciones (60 %), sequías (10 %); heladas, bajas temperaturas y granizadas (10.6 %); incendios forestales (6 %), vendavales (5 %), otros (4.5 %), nevadas (2.2 %), altas temperaturas (1 %) y sismos (0.7 %).

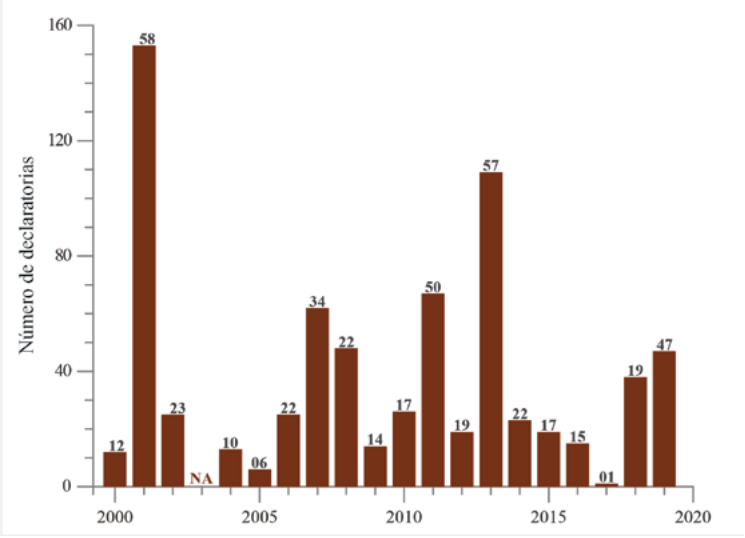
El Centro Nacional para la Prevención de los Desastres (Cenapred) y el Atlas Nacional de Riesgos recopilan la información relacionada con los eventos que pueden generar desastres y los clasifican de acuerdo con el tipo de declaratoria que se emita: "contingencias climáticas" (aquello que puede ocurrir), "emergencias" (un fenómeno que está ocurriendo, altera una zona y requiere respuesta, pero puede no ser todavía un desastre) y "desastre" (que alteró o paralizó una zona vulnerable y pone en riesgo la salud e integridad de las personas).

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo (2021) entre los años 2000 y 2019 se observa que en el estado de San Luis Potosí se han realizado declaratorias en cada año de este periodo de forma muy variable. De las 722 declaratorias registradas, la mayor parte ocurrieron en los años 2001, 2011 y 2013, y cuyos eventos se presentaron en la mayoría o la totalidad de los municipios del estado (figura 3.2).

Los eventos hidrometeorológicos son los más frecuentes, en particular los de tipo sequía, lluvia-inundaciones y nevadas-heladas-granizadas. Si bien los eventos de estos fenómenos ocurren en todo el territorio, el tipo, frecuencia e intensidad varía entre las cuatro regiones de acuerdo con las propias características que en ellas se presentan. En la figura 3.3 se indican los tipos de fenóme-

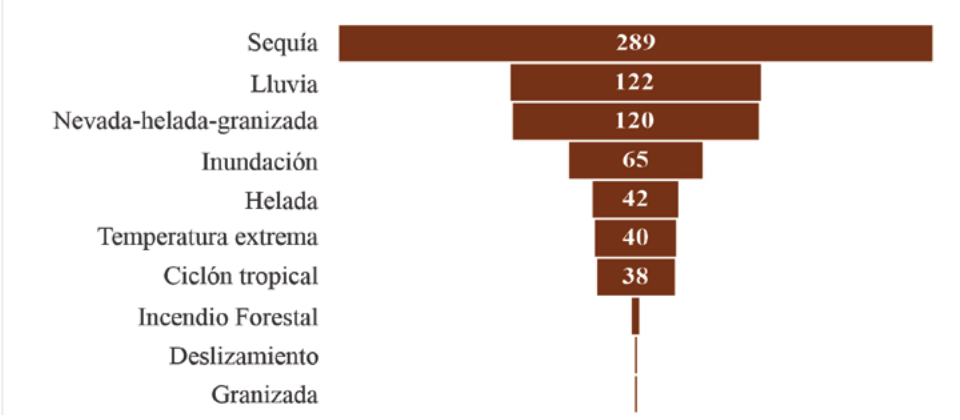
nos más frecuentes que han generado declaratorias de contingencia climática, desastre o emergencia en el estado de San Luis Potosí.

Figura 3.2. Número de declaratorias totales por año (incluyen contingencia climática, desastre y emergencia), ocurridas en San Luis Potosí entre los años 2000 y 2019. Sobre las barras, aparecen el número de municipios afectados.



Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

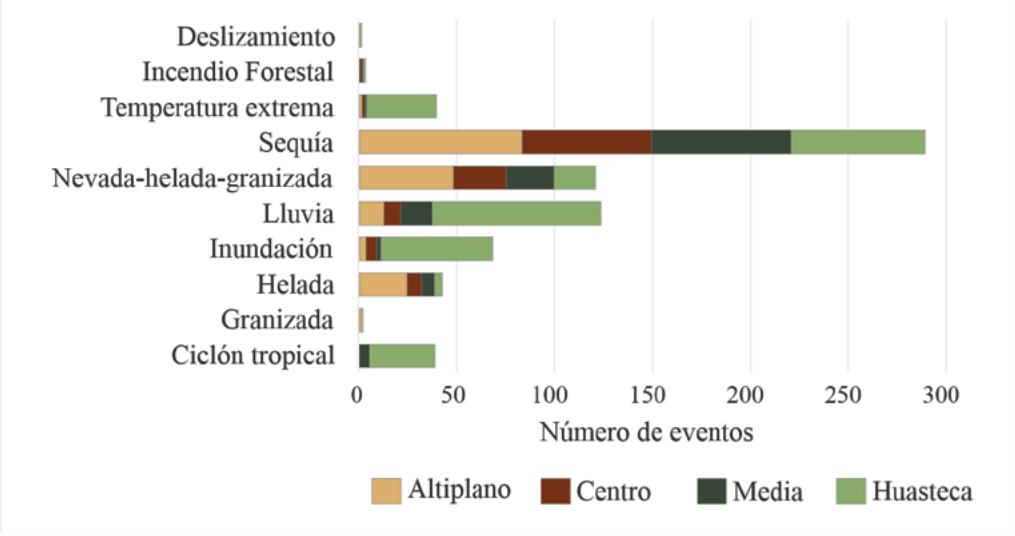
Figura 3.3. Eventos ocurridos en el estado de San Luis Potosí entre los años 2000 y 2019 en orden de frecuencia.



Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Por región económica, los tipos de eventos y su ocurrencia varía entre las cuatro regiones (figura 3.4); sin embargo, la mayor ocurrencia se ha presentado en dos de las regiones: Altiplano y Huasteca. De las 722 declaratorias emitidas entre los años 2000 y 2019, el 66.5 % ocurrieron en estas regiones. Entre ambas regiones, destaca la Huasteca, con el mayor número de declaratorias (contingencia climática, desastre y emergencia), así como por presentar la mayor variedad de tipos de fenómenos (figura 3.4).

Figura 3.4. Tipos de fenómenos que generaron declaratorias de contingencia climática, desastre o emergencia en cada una de las regiones económicas del estado de San Luis Potosí entre los años 2000 y 2019.



Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Considerando la frecuencia con que ocurren los diferentes tipos de eventos/desastres, destaca la sequía como la más común. Se concentra en la región Altiplano, seguido de las regiones Centro y Media. Los eventos de lluvias e inundación son más comunes en la Huasteca, que de forma natural presenta mayor precipitación (capítulo 8, "Los recursos naturales del subsuelo (agua y minería)"). Los eventos de nevadas-heladas-granizadas afectan en particular la región del Altiplano. A continuación se describen los eventos más frecuentes en el estado:

Sequías

La sequía o sequía meteorológica puede durar meses o años y se debe a que la cantidad de precipitación anual (PA) es menor que la precipitación media anual (PMA) en una localidad o en una región dada (Campos-Aranda, 2018). Los niveles de sequía pueden ser moderada (PA/PMA=0.75), severa (PA/PMA=0.50) y extrema (PA/PMA=0.25).

Las sequías se han registrado en los 58 municipios del estado (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012; Pérez-Baltazar, 2013; Campos-Aranda, 2018; Atlas Nacional de Riesgos, 2021) y ocurren con mayor frecuencia en la región Altiplano, la más extensa del territorio potosino.

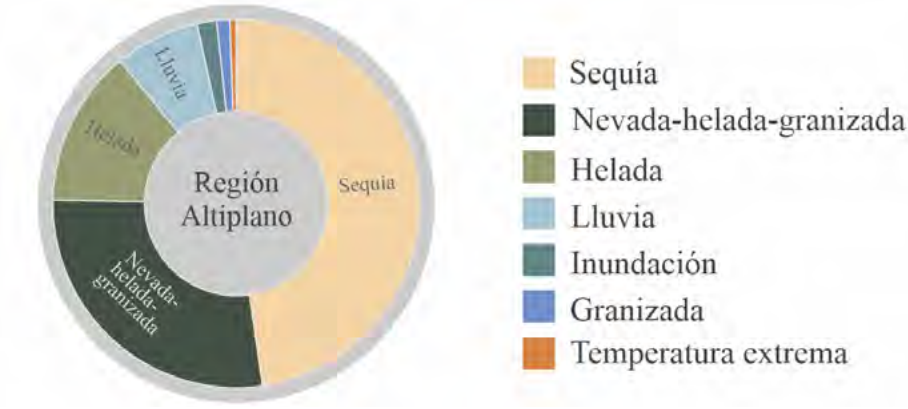
Los desastres naturales por eventos de sequía se han incrementado en las últimas tres décadas. Entre 1961 y 2015 se contabilizaron 348 eventos de sequía en el estado, donde se incrementaron de 160 eventos de sequía entre 1961 y 1988, a un total de 188 eventos de sequía entre 1989 y 2015 (Campos-Aranda, 2018). De acuerdo con Pérez-Baltazar (2013), la sequía más grave ocurrió en 2013, con una duración mayor a diecisiete meses (Plan Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012).

Las áreas con clima semiárido y árido (como ocurre en la región Altiplano) son las que más fácilmente pueden presentar eventos de sequía debido a que son las que menores precipitaciones anuales registran y, por tanto, las más sensibles a las alteraciones de la precipitación, como lo es una reducción. Además, es aquí donde pueden desarrollarse sequías extremas (figura 3.5). En la región Altiplano y la Media se identificaron sequías generalizadas en 1974, 1983, 1989, 1999 y 2011, mientras que en la Huasteca (clima subhúmedo y húmedo) las hubo en los años 1962, 1963, 1980, 1982, 1997, 2002 y 2006 (Campos-Aranda, 2018).

Es importante señalar que un clima más húmedo no está libre de sequías. De hecho, de acuerdo con Campos-Aranda (2018), y tomando como base los registros de sequía entre 1961 y 2015, en zonas con clima árido (región Altiplano) se presentan sequías cada 3.8 años, en áreas con clima semiárido ocurren cada 4.3 años (Regiones Altiplano, figura 3.5; Centro, figura 3.6; Media, figura 3.7). Para el clima subhúmedo, es cada 5.5 años (región Media) y en el clima húmedo (región Huasteca, figura 3.8) se presentan cada 6.2 años.

Se debe tomar en cuenta que el aumento de la tasa de deforestación, la contaminación y el cambio climático alteran los regímenes de lluvia, lo que puede aumentar la frecuencia de las sequías, así como su duración e intensidad.

Figura 3.5. Eventos naturales que han ocurrido entre los años 2000 y 2019 en la región Altiplano del estado de San Luis Potosí. Los eventos corresponden a aquellos que generaron declaratoria de "contingencia climática", "desastre" o "emergencia".

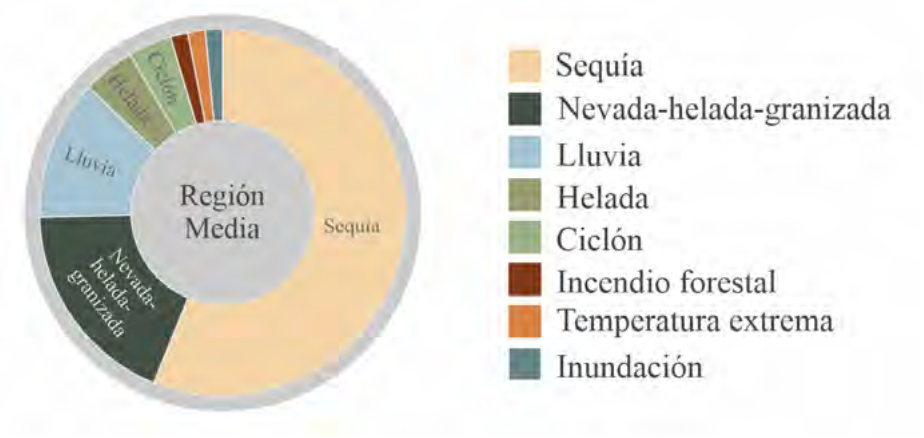


Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Figura 3.6. Eventos naturales que han ocurrido entre los años 2000 y 2019 en la región Centro del estado de San Luis Potosí. Los eventos corresponden a aquellos que generaron declaratoria de "contingencia climática", "desastre" o "emergencia".

Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Figura 3.7. Eventos naturales que han ocurrido entre los años 2000 y 2019 en la región Media del estado de San Luis Potosí. Los eventos corresponden a aquellos que generaron declaratoria de "contingencia climática", "desastre" o "emergencia".



Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Figura 3.8. Eventos naturales que han ocurrido entre los años 2000 y 2019 en la región Huasteca del estado de San Luis Potosí. Los eventos corresponden a aquellos que generaron declaratoria de "contingencia climática", "desastre" o "emergencia".

Fuente: Elaborado a partir de la información del Atlas Nacional de Riesgos (2021).

Lluvias e inundaciones

Los desastres causados por la lluvia (temporada de lluvias, huracanes o depresiones tropicales con grandes masas de agua) son frecuentes en la entidad y en todas las regiones. De acuerdo con los registros de Pérez-Baltazar (2013), la frecuencia de los desastres por lluvias e inundaciones ocurridos entre 1960 y 2010 se distribuyeron de la siguiente forma: en la región Centro (SLP-SGS, 41 %); Huasteca, 25 %; región Media, 18 %; y región Altiplano, 14 %. Por otra parte, los datos del Atlas Nacional de Riesgos (2021) indican que en los últimos veinte años las contingencias, desastres y emergencias relacionados con lluvias ocurren principalmente en la Huasteca (70.2 %), seguida de las regiones Media, Altiplano y Centro. Sin embargo, con respecto a las inundaciones, éstas se concentran en la Huasteca (85.1 %), mientras que el resto se reparte en las otras tres regiones (figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8).

En la región Centro, las inundaciones con mayor frecuencia citadas por Pérez-Baltazar (2013) se refieren específicamente a la zona conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez (SLP-SGS). A la zona del Valle de SLP ingresa naturalmente agua proveniente de diferentes puntos desde la vertiente de la Sierra de San Miguelito (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012). Las declaratorias por fenómenos de tipo lluvia e inundaciones se incrementan en la zona conurbada SLP-SGS debido a eventos de precipitaciones intensas y de corta duración, como parte de los efectos por cambio climático, reducción de las áreas de captación de agua por expansión de la zona urbana (concreto y pavimento principalmente), la urbanización de ríos —como es el caso del río Santiago y el río Españita—, así como la falta de capacidad de los colectores pluviales (Pérez-Baltazar, 2013; Candia, 2015).

En la Huasteca se presentan inundaciones debido al desbordamiento de ríos, precipitaciones y escurrimientos superficiales que no logran infiltrarse en el suelo. Esto ocurre cuando el suelo se encuentra saturado por la temporada de lluvias o por la presencia de lluvias procedentes de huracanes originados en el Atlántico (denominado como ciclón tropical en el Atlas Nacional de Riesgos). La Huasteca es la más propensa de las cuatro regiones a las inundaciones. Sus puntos críticos son el sur de Ciudad Valles, Ébano, San Vicente Tancuayalab, Tamanzuchale, Tamuín —por el desbordamiento del río Tampaón— y Tanquián de Escobedo (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012; Pérez-Baltazar, 2013).

Las regiones Altiplano y Media presentan menor número de eventos de inundación por sus características climáticas. Sin embargo, eventos de lluvias de alta intensidad (mayor cantidad de agua en un periodo más corto), alteraciones de la distribución en el tiempo de los regímenes de lluvia y la presencia en ciertas áreas de suelos yesosos (debido a que generan una capa impermeable en la superficie del suelo —cap. 8, "Los recursos naturales del subsuelo: agua y minería"—), incrementan la probabilidad de un fenómeno de inundación.

Por otra parte, el mal uso del suelo también puede provocar un desastre directa o indirectamente. Por ejemplo, el pastoreo extensivo e intensivo y la agricultura de monocultivo, al cambiar las condiciones físicoquímicas del suelo, reducen, entre otras, la fertilidad del suelo y su capacidad para retener el agua. Los pastizales naturales cuya vegetación original es el pasto navajito (*Boutelloa gracillis*) han sido utilizados mayoritariamente como sitios de pastoreo estacional, rotacional o permanente, y bajo diferentes intensidades de pastoreo. Las áreas de pastoreo permanente o intensivo disminuyen la cobertura y la conectividad de los parches de pasto, lo cual incrementa la erosión hídrica y eólica y reduce la capacidad de infiltración del agua de lluvia hasta en un 503 %. Como resultado, disminuye la disponibilidad de agua, con lo cual aumenta el riesgo de sequía, así como el escurrimiento superficial, y se favorece la inundación en áreas aledañas (Sánchez-Higueredo, 2013).

En todo el país, durante los últimos cuarenta años, se han incrementado la frecuencia e intensidad de los desastres hidrometeorológicos, y San Luis Potosí no es la excepción. A pesar de que el territorio del estado se ubica a cierta distancia del golfo de México, la pérdida de vidas humanas a consecuencia de las inundaciones es equiparable a las ocurridas en el estado de Veracruz (Pérez-Maqueo *et al*., 2018).

A pesar de que el estado no tiene costa, cada año, durante la época de huracanes, la lluvia que acompaña a las depresiones, tormentas y huracanes puede llegar a todo el territorio de San Luis Potosí. De hecho, ésta es la forma en la que las zonas más altas, semiáridas o áridas reciben agua.

El estado de San Luis, al igual que el resto del país, ha padecido el incremento de desastres naturales relacionados con procesos hidrometeorológicos a partir de la década de los ochenta (EM-DAT, 2021). Este incremento se relaciona con las diferentes actividades que se han desarrollado a lo largo de la historia del estado, las cuales son generadoras del crecimiento urbano y el desarrollo agrícola e industrial actual en la entidad. Ejemplo de ello son la mi-

nería, muy extendida en el estado y que es parte de su historia desde la época colonial; el desarrollo del ferrocarril propició asimismo el crecimiento minero y la tala de extensos bosques de encino; así como el crecimiento de las grandes haciendas, con sus actividades productivas y extractivas.

Nevadas, heladas y granizadas

Las heladas son fenómenos similares a las nevadas, pero con una reducción rápida de la temperatura, y ocurren con baja humedad en el ambiente y sin nubes, por lo que no alcanzan a formarse cristales de hielo. Éstas ocurren principalmente en los meses más fríos del año (diciembre y enero), y en menor proporción en febrero, marzo y noviembre. Las granizadas se presentan en las zonas altas, acompañadas de tormentas eléctricas o lluvias torrenciales (Moreno-Reséndez *et al*., 2011).

Estos eventos hidrometeorológicos tienen gran impacto sobre las actividades agrícolas. En San Luis Potosí, las heladas tempranas que ocurren en los meses de octubre y abril representan el mayor riesgo para la agricultura. Las granizadas suelen caer en la temporada de mayor actividad de los cultivos.

Los cambios de patrones de lluvias y la elevación de la temperatura a nivel local y regional están generando un incremento en estos fenómenos. La región Altiplano (figura 3.5) es al menos dos veces más propensa a la presencia de heladas, granizadas y, ocasionalmente, de nevadas. El caso contrario es la Huasteca, que, por su mayor humedad y temperatura, generalmente se restringe la ocurrencia de algunas heladas (figura 3.8).

Deslizamientos y hundimientos

Los deslizamientos son fenómenos geológicos que consisten en el movimiento de una gran masa de tierra debido a la inestabilidad del talud. El mayor riesgo de deslizamientos se da en las pendientes, como laderas de cerros, o bien sobre suelos arcillosos-arenosos inestables, debido a la acumulación de agua, especialmente en temporada de lluvias o por el impacto de huracanes, tormentas tropicales, etc. (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012). Debido a la relación estrecha entre los tipos de suelo, humedad y pendiente, este tipo de fenómenos se registran únicamente en la Huasteca, aunque la región Media también tiene áreas susceptibles.

Los hundimientos de suelo ocurren sobre las zonas cavernosas. Los eventos de hundimientos por actividades humanas son, por ejemplo, los producidos

por subsidencia debido a la sobrexplotación de los acuíferos de una zona, como lo que ocurre en la zona conurbada de SLP-SGS (López-Doncel, 2018; Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012; Navarro-Hernández *et al.*, 2020).

Las plagas

La langosta (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) es un insecto también llamado saltamontes o chapulín, y que bajo condiciones particulares se convierte en una plaga en el estado de San Luis Potosí, específicamente en la región Huasteca (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012). Los municipios que han sido afectados son Tamuín, San Vicente Tancuayalab, Ébano, Ciudad Valles, San Martín Chalchicuautla, Tanquián y Tanlajas (Garza, 2005).

La langosta tiene la peculiaridad de presentar un doble comportamiento: i) la fase solitaria, en la que se les encuentra en un número reducido, y ii) la fase gregaria, en donde se reúnen muchos individuos hasta conformar las grandes agrupaciones llamadas mangas o bandos (Contreras Servín, 2008; Garza, 2005). La primera generación de langostas que alcanzan el estado adulto entre julio y septiembre tiene una vida media de sesenta a ochenta días y es la que más daño causa en los cultivos. La segunda generación de individuos adultos aparece entre los meses de noviembre a abril, siendo la más longeva, pero sus efectos son menores debido a la falta de humedad.

La formación de una manga en un área puede deberse al régimen de viento, a los incendios, las inundaciones, etc. Si la manga no se dispersa y hay condiciones favorables para su reproducción sexual, o bien existe escasez de alimentos (maíz, soya, frijol, ajonjolí, sorgo, cacahuate, jitomate, algodón, caña de azúcar, plátano, otros frutales y ocasionalmente arroz) (Retana, 2000; Garza, 2005; Senasica-DGSV, 2016), los individuos que hasta ese momento estaban en fase solitaria interpretan la concentración de más langostas y la reducción de alimentos como señal de alerta, y por tanto, como una necesidad en el insecto de reproducirse, ovoposicionar (poner huevos), así como de la búsqueda de nuevos sitios de alimentación, a fin de asegurar su descendencia y preservar la especie (Barrientos *et al.*, 1992).

La manga, o bando de langostas, se caracteriza por una alta densidad de individuos. Las mangas grandes pueden tener ochenta millones de individuos

por kilómetro cuadrado y requieren consumir cien toneladas diarias de alimento verde.

Las actividades humanas incrementan la plaga de langostas

Las mangas o bandos de langostas han sido relacionados con un periodo abundante de lluvias seguido de uno de sequía más prolongada de lo normal (Senasica-DGSV, 2016). En México se han identificado algunas características de su comportamiento:

1. Las hembras ovopositan en los primeros 10 cm de suelo, preferiblemente de tipo arcillosos arenosos (Galindo-Mendoza *et al.*, 2009). Además, se ha encontrado una mayor presencia de estos insectos en sitios abiertos, como pastizales, cultivos, terrenos baldíos, etc. La región Huasteca, originalmente dominada por selva baja espinosa y caducifolia, inició un proceso fuerte de deforestación en la década de los años setenta para el proyecto Pujal-Coy, lo que provocó un cambio de uso de suelo de más de 73 000 ha, lo que favoreció el desarrollo de mangas o bandos de langosta (capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad"; Reyes-Hernández *et al.*, 2006; Contreras, 2008).
2. La abundancia de langostas se favorece con temperaturas mayores a 27° C y con precipitaciones menores a los 1 000 mm (Senasica-DGSV, 2016). En la Huasteca, la precipitación media anual es de 900 mm, y ésta se ha registrado con disminuciones a 600 mm por año (Galindo-Mendoza *et al.*, 2009; Senasica-DGSV, 2016; Ríos Sánchez, 2018).
3. El suelo expuesto sin vegetación incrementa la radiación solar directa, así como la temperatura del suelo, lo que también es conveniente para las langostas (Senasica-DGSV, 2016).
4. Finalmente, se ha descrito una relación entre la presencia de eventos del Niño y la aparición de mangas o bandos de langostas (Retana, 2000; Senasica-DGSV, 2016). Ello es de particular importancia dado que se sabe que existe un incremento en la frecuencia, duración e intensidad del fenómeno del Niño debido al cambio climático (Yeh *et al.*, 2009).

Con una mayor frecuencia del Niño, en conjunto con la alteración de los regímenes de lluvia, el cambio de uso de suelo y la degradación de éste, se ha hecho más recurrente y grave la plaga de langostas (Contreras, 2008). Por tan-

to, se requiere de un trabajo mucho más intenso en el monitoreo que ya se realiza de esta plaga y, especialmente, de un manejo integral de esta región y sus zonas dedicadas a la actividad agrícola y pecuaria para la reducción y control de dichas plagas.

El cambio climático

Los efectos del cambio climático ya se están viviendo hoy en día, y no existe posibilidad de revertirlo. De acuerdo con el sexto reporte recién publicado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), los efectos del cambio climático se incrementarán en frecuencia e intensidad, como son ciclones, periodos de sequía o lluvias, inundaciones, ondas de calor continentales y marinas, así como el incremento del nivel del mar. Muchas de las alteraciones del sistema son irreversibles y se mantendrán por siglos e incluso milenios. Ello implica la necesidad de que se adapte la sociedad tanto urbana como rural.

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son acciones para proteger, manejar sosteniblemente y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que enfrentan los desafíos sociales (cambio climático, seguridad hídrica y alimenticia) de manera efectiva y adaptativa y, al mismo tiempo, proveen beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Cohen-Shacham *et al*, 2016).

Las soluciones basadas en la naturaleza son un concepto que involucra acciones como la adaptación basada en los ecosistemas y la adaptación basada en las comunidades. Los procesos denominados adaptación con base en ecosistemas promueven las estrategias de trabajo en conjunto con la naturaleza para hacer frente a los efectos climáticos graduales y extremos que afectan a la población, sus medios de vida, la infraestructura y la economía, conservando los ecosistemas. Por su parte, la adaptación con base en comunidades es un enfoque basado en las personas que busca reducir su vulnerabilidad y generar al mismo tiempo, beneficios (sociales y económicos). Ayuda a las personas y sus medios de vida a enfrentar los efectos del cambio climático, mediante los bienes y servicios de los ecosistemas naturales y productivos (Cohen-Shacham *et al*., 2016; Nalau *et al*., 2018). Para lograr estas soluciones y adaptaciones, se requiere de una sociedad organizada, activa y comprometida, consciente de la

situación actual y que participe en la búsqueda de alternativas para vivir bajo las nuevas condiciones impuestas por el cambio climático.

Cada ciudad/comunidad puede desarrollar diferentes estrategias, por ejemplo, en la zona conurbada de SLP-SGS podrían construirse jardines o jardineras infiltrantes cuya estructura y distribución permitan captar y reducir la velocidad del agua de lluvia que precipitó, especialmente en calles con mayor pendiente o que tradicionalmente se inundan. La infraestructura puede desarrollarse como flexible o no permanente, como campos multiusos-deportivos en zonas de bajada de agua que apoyen en el manejo de agua proveniente de precipitación de alta intensidad y corta duración en la zona conurbada de SLP-SGS, y hacer uso de esa agua (previo a un tratamiento básico), para riego de jardines y camellones.

Otro tipo de estrategia puede ser la reforestación/restauración de zonas de recarga local, como los cerros que rodean la ciudad, a fin de facilitar la captación del agua, reducir la erosión hídrica y eólica, así como la inundación en las partes bajas. Puede darse mantenimiento a aquellas zonas naturales de recepción de agua, como son los resumideros, o bien la identificación de zonas con este potencial en áreas urbanas.

Las zonas rurales en regiones semiáridas y áridas pueden aprovechar las estructuras de escuelas, salones ejidales y techos de casas en general, a fin de colectar y almacenar agua que puede emplearse dentro de la misma (cosecha de lluvia). Las áreas de pastoreo que practican bajas intensidades de pastoreo, rotacional, estacional, tienen mejores condiciones en sus pastizales, favoreciendo un suelo con mayor fertilidad, mejores pastos y mayor humedad, lo que se refleja en un mejor ganado.

El estado de San Luis Potosí es muy diverso debido a su ubicación sobre tres diferentes provincias fisiográficas, así como por el hecho de que se encuentra ubicado entre el área de contacto de la región neotropical y la región neártica. Esto explica en parte su gran diversidad y cantidad de recursos naturales. Sin embargo, el cambio climático y la naturaleza actual de las actividades humanas incrementa la frecuencia e intensidad con que los eventos naturales se transforman en desastres. Las poblaciones rurales, dedicadas a actividades agrícolas y pecuarias, son las más vulnerables a los desastres, aunque las zonas urbanas más densamente pobladas también resienten los impactos (incrementos de inundaciones, incremento de costos de alimentos y formas de vida, etc.). Por ello es vital para los habitantes del estado de San Luis Potosí desarrollar

estrategias basadas en el funcionamiento de los ecosistemas, en su capacidad de recuperación; es decir, soluciones basadas en la naturaleza.

Referencias

Abeldaño Zúñiga, R. A. y A. M. González Villoria (2018). "Desastres en México de 1990 a 2016: patrones de ocurrencia, población afectada y daños económicos", *Revista Panamericana de Salud Pública,* núm. 42, e55. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.55>.

Atlas Nacional de Riesgo (2021). "Evaluación del impacto económico y social de los desastres en México". <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html>.

Barrientos, L. L., O. Astacio-Cabrera, F. Álvarez Bonilla y O. Poot-Martínez (1992). *Manual técnico sobre la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons, *Walker 1870) y otros acridoideos de Centroamérica y sureste de México.* San Salvador: fao / Agolioirsa.

Campos-Aranda, D. F. (2018). "Análisis estadístico de la ocurrencia de sequías meteorológicas anuales según el tipo de clima del estado de San Luis Potosí, México", *Tecnología y Ciencias del Agua,* vol. 9, núm. 3, pp. 213-231. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-10>.

Candia Monsiváis, C. (2015). "Análisis de riesgo por inundación en la zona metropolitana de San Luis Potosí", tesis de maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Cenapred (2016). *Impacto socioeconómico de los desastres en México durante 2016.* México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/409-RESUMENEJECUTIVOIMPACTO2018.PDF>.

Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen y S. Maginnis (eds.) (2016). *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges.* Gland, Suiza: IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.

Coleman, L. (2006). "Frequency of Man-Made Disasters in the 20th Century", *Journal of Contingencies and Crisis Management,* vol. 14, núm. 1, pp. 3-11.

Contreras Servín, C. (2008). "El fenómeno del 'el Niño' y su relación con la plaga de langosta en la Huasteca Potosina", *Entomología Mexicana,* núm. 7, pp. 290-295.

em-dat (2021). "Emergency Events Database". <https://public.emdat.be/> (consultado en junio de 2021).

Galindo Mendoza, M. G., C. Contreras Servín y L. Olvera Vargas (2009). "Metodología para determinar zonas de peligro al ataque de la plaga de langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons,* Walter, 1870) apoyados en sensores de alta resolución y sig. Estudio de caso: la Huasteca Potosina, México", en R. Aguirre Gómez (coord.), *Conceptos de geomática y estudios de caso en México.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, pp. 331-365.

Garza, U. E. (2005). "La langosta *Schistocerca piceifrons piceifrons* y su manejo en la Planicie Huasteca. Campo experimental Ébano", folleto técnico núm.. 12. San Luis Potosí: inifap / cirne.

Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2012). "Plan estatal de desarrollo urbano de San Luis Potosí (2012-2030). Memoria escrita (XIV.I de los T. de R.)". <http://www.cegaipslp.org.mx/hv2021.nsf/nombre_de_la_vista/f405851c95f16b22862586e700607bb1/$file/plan+de++desarrollo+urbano+de+slp.pdf> (consultado en junio de 2021).

Inegi (2020). "Censo de población y vivienda 2020. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> (consultado en junio de 2021).

Intergovernmental Panel on Climate Change (ipcc) (2021). "Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Berger S, Caud N, Chen Y, Goldfarb L, Gomis MI, Huang M, Leitzell K, Lonnoy E, Matth JBR". <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf>.

Ipbes (2019). "Chapter 2.2 Nature (Draft)", en S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis y C. N. Zayas (eds.), *Global*

Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, p. 56.

Kniivila, M. (2017). "Industrial Development and Economic Growth: Implications for Poverty Reduction and Income Inequality". <https://www.un.org/esa/sustdev/publications/industrial_development/3_1.pdf>.

López-Doncel, R. (2018). *Actualización del Atlas de Riesgo para el municipio de San Luis Potosí y su zona conurbada.* San Luis Potosí: Ayuntamiento de San Luis Potosí.

Moreno Reséndez, A., J. Aguilar Durón y A. Luévano González (2011). "Características de la agricultura protegida y su entorno en México", *Revista Mexicana de Agronegocios,* núm. 29, pp. 763-774

Nalau, J., S. Becken y B. Mackey (2018). "Ecosystem-Based Adaptation: A Review of the Constraints", *Environmental Science and Policy,* núm. 89, pp. 357-364. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.014>.

Navarro-Hernández, M. I., R. Tomás, J. M. López-Sánchez, A. Cárdenas-Tristán y J. J. Mallorquí (2020). "Spatial Analysis of Land Subsidence in the San Luis Potosí Valley Induced by Aquifer Overexploitation Using the Coherent Pixels Technique (CTP) and Sentinel-1 InSAR Observation", *Remote Sensing,* vol. 12, núm. 2 <https://doi.org/10.3390/rs12223822>.

ops (2004). *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Guía para una respuesta eficaz.* Washington, D.C.; Organización Panamericana de la Salud.

Pérez Baltazar, M. I. (2013). "Análisis espacio-temporal de las amenazas naturales en el estado de San Luis Potosí, México, 1960-2010", ponencia presentada en el XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina. Lima: Colegio de Geógrafos de Perú / Comité Nacional Perú de la Unión Geográfica Internacional, 8 a 12 de abril.

Pérez-Maqueo, O., M. L. Martínez, F. C. Sánchez-Barradas y M. Kolb (2018). "Assessing Nature-Based Coastal Protection Against Disasters Derived from Extreme Hydrometeorological Events in Mexico", *Sustainability,* vol. 10, núm. 5, pp. 1317. <https://doi.org/10.3390/su10051317>.

Quarantelli, E. L. (1999). "Implications for Programmes and Policies from Future Disaster Trends", *Risk Management,* vol. 1, núm. 1, pp. 9-19.

Retana, J. (2000). "Relación entre algunos aspectos climatológicos y el desarrollo de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* en el Pacífico Norte de Costa Rica durante la fase cálida del fenómeno el Ni-

ño-Oscilación Sur (ENOS)", *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos,* vol. 7, núm. 2, pp. 73-87.

Reyes-Hernández, H., M. Aguilar Robledo, J. R. Aguirre Rivera e I. Trejo Vázquez (2006). "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000", *Investigaciones Geográficas,* núm. 59, pp 26-42. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000100003>.

Ríos Sánchez, D. (2018). "Monitoreo del efecto del cambio climático en la Huasteca Potosina a partir de técnicas de percepción remota y estaciones climatológicas", tesis de maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Sánchez-Higueredo, L. (2013). "Efecto del uso del suelo en los procesos ecohidrológicos y servicios ambientales de los pastizales semiáridos del centro de México", tesis de maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Senasica-dgsv (2016). "Langosta centroamericana [*Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker, 1870) (Orthoptera: Acrididae)", ficha técnica. México: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal / Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Grupo Especialista Fitosanitario.

Toscana Aparicio, A. (2011). "Protección civil, población, vulnerabilidad y riesgo en Santiago Miltepec, Toluca", *Investigaciones Geográficas,* núm. 74, pp. 35-47.

undrr (2021). "Terminología sobre reducción del riesgo de desastres". United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Consultado en junio de 2021 <https://www.eird.org/esp/terminologia-esp.html> (consultado en junio de 2021).

Yeh, S.W., J. S. Kug, B. Dewitte, M. H. Kwon, B. P. Kirtman y F. F. Jin (2009). "El Niño in a Changing Climate", *Nature,* núm. 461, pp. 511-514. <https://doi.org/10.1038/nature08316>.

Zúñiga, E. y V. Magaña (2018). "Vulnerability and Risk to Intense Rainfall in Mexico: The Effect of Land Use Cover Change", *Investigaciones Geográficas,* núm. 95, pp. 1-18. <https://doi.org/10.14350/rig.59465>.

EL TERRITORIO

CAPÍTULO 4
LAS REGIONES Y PROVINCIAS

Patricia Moreno-Casasola
Sergio Guevara Sada
Roberto C. Monroy Ibarra

San Luis Potosí se ubica en el centro-norte del país. Tiene una superficie de 61 137 km², que representa el 3 % del territorio nacional (Ibarra, 2019). Es el centro que enlaza el norte y el sur del país, y es un paso obligado del golfo de México hacia el interior (Monroy y Calvillo, 2010). El territorio de San Luis se divide en cuatro regiones económicas: Altiplano, Centro, Media y Huasteca, y en cada una de éstas hay un centro urbano dominante: Matehuala, en el Altiplano; el área conurbada de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, en el Centro; Rioverde y Ciudad Fernández, en la región Media; y Ciudad Valles, en la Huasteca.

En 2020 había 6 554 localidades distribuidas en 58 municipios, con un total de 2 822 255 habitantes; cerca del 65 % es población urbana y el resto rural. En 2010, casi la tercera parte de los potosinos vivía en la zona conurbada de la ciudad de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.

El estado tiene una fisiografía muy diversa debida fundamentalmente a las distintas altitudes de la Sierra Madre Oriental que atraviesan el territorio de sureste a noroeste formando un gradiente altitudinal que abarca desde los 15 hasta los 3 180 msnm. Según Monroy y Calvillo (2010), entre la selva y el desierto hay una diferencia de altitud de cerca de 2 000 m, una pendiente escalonada que resulta en rasgos ecológicos y expresiones culturales bien diferenciados. Estas grandes variaciones altitudinales, combinadas con la ubicación del estado en términos de latitud y del contexto geográfico, dan lugar a contrastes climáticos: clima seco en la porción occidental del territorio, clima desde semicálido subhúmedo hasta seco templado en la región central; y en el oriente, desde el declive de la Sierra Madre Oriental hacia la planicie costera, hay un clima que va desde cálido húmedo y subhúmedo hasta semifrío subhúmedo (Contreras, 2019a). Las planicies y las sierras del norte forman

Figura 4.1. Imagen satelital de San Luis Potosí. La Sierra Madre Oriental en la zona central del estado separa grosso modo los altiplanos y la planicie costera del golfo de México. El clima lluvioso de la planicie costera del golfo de México favorece la vegetación húmeda tropical y los bosques templados, y hacia el Altiplano predomina la región árida y semiárida con matorrales y selvas secas.

Fuente: ArcGIS Globe Service, I3_Imagery_Prime_World.

un conjunto de paisajes secos asociados a la aridez. El sur y el oriente son más lluviosos que el poniente (figura 4.1).

Los sitios con mayores altitudes, de 1 950 a 3 100 msnm, se localizan en el norte y noreste del territorio, en los municipios de Catorce, Santo Domingo, Salinas de Hidalgo, Moctezuma, Charcas y Cedral; y en la parte media y el sur, en los municipios de Ahualulco, Villa de Arriaga, Villa de Zaragoza y Santa María del Río. Los sitios más bajos están al sureste, en los municipios de Tanlajás, San Vicente Tancuayalab, Ciudad Valles, Tanquián de Escobedo, San Martín Chalchicuautla, Tamasopo, El Naranjo y Aquismón; en el Centro, en Rioverde y Ciudad Fernández; y en el norte, en el municipio de Vanegas.

Las tres actividades más importantes generadoras de valor que aportan más del 60 % al producto interno bruto (PIB) estatal se centran en los sectores de la industria manufacturera, 24.2 %; servicios comunales, sociales y personales, 20.2 %; y comercio, restaurantes y hoteles, 18.28 %. La actividad agropecua-

Figura 4.2. Vista de un nuevo paisaje creado por la acumulación de la tierra extraída del tiro a cielo abierto como parte de los procesos denominados de "remediación" en el mineral de Cerro de San Pedro, realizada por Minera San Xavier, S.A de C.V.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

ria, silvícola y pesca aportan sólo el 5.3 %, y la minería el 1.4 %, aunque paradójicamente estas últimas producen los mayores cambios en el uso del suelo (Reynoso, 2008). Tanto es así, que al estado de San Luis Potosí se le considera de vocación minera (figura 4.2). Las catorce regiones mineras extractivas son las metálicas de oro, plata, cobre y zinc, entre otros; las no metálicas incluyen fluorita, fosforita, arcilla, yeso, mármol y cantera entre las principales (Servicio Geológico Mexicano, 2019).

En el territorio del estado se han impulsado la agricultura, la ganadería y la explotación forestal. Los informes de gobierno muestran que la agricultura se ha intensificado, haciendo un uso excesivo de agroquímicos, reduciendo o eliminando el barbecho, y sembrando variedades mejoradas. Los informes muestran un incremento en este tipo de técnicas y un uso creciente de invernaderos con sistemas de riego (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2018-2019).

Estas prácticas agrícolas amenazan a la biodiversidad y el bienestar de las comunidades más pobres al reducir la agricultura de pequeña escala, caracterizada por el intercalado de diversos cultivos y especies, practicada por los pequeños agricultores como es la milpa, fundamental para la seguridad alimentaria (Ribeiro-Palacios *et al.*, 2019).

El territorio de San Luis Potosí se separa en dos regiones, denominadas por los arqueólogos Aridoamérica y Mesoamérica (Kirchhoff, 1943). En la primera, los grupos indígenas vivían en un territorio seco, poco exuberante, donde los recursos alimenticios eran escasos. La sequía y la ausencia de grandes corrientes fluviales sólo les permitió una agricultura de temporal. Su supervivencia dependía de la cacería y la recolección de plantas silvestres. En contraste, en la región conocida como Mesoamérica, que abarca fundamentalmente a la Huasteca Potosina, habitaban grupos indígenas que dependían del cultivo de plantas (huasteco o tének y los nahuas). Entre ambas regiones habitaron grupos indígenas trasfronterizos, característicos por su peculiar desarrollo cultural, entre los que destacan los pames o xi'oi que habitan la región Media (Monroy y Calvillo, 2010).

Actualmente, el 10 % del total de la población corresponde a población indígena. Son 256 468 hablantes de alguna lengua originaria, entre las que destacan náhuatl, tének (conocido también como huasteco) y pame (Cruz-Medina, 2019). Adicionalmente, el estado es visitado anualmente por los huicholes durante su recorrido tradicional desde la costa de Nayarit hasta el Cerro Quemado, su principal centro ceremonial en la Sierra de Catorce.

Los antecedentes históricos de la ganadería en San Luis Potosí se remontan al año 1522, cuando Hernán Cortés exploró el territorio huasteco siguiendo el río Moctezuma hasta llegar a Tamazunchale, Coxcatlán, Tancanhuitz y Tamuín. La reducción de la población indígena dejó numerosos predios abandonados, con la consecuente pérdida de los cultivos y formas tradicionales de manejo de éstos, lo que favoreció la expansión del hato ganadero (figura 4.3) (García, 2001; Guevara y Moreno-Casasola, 2008; Contreras, 2019b).

Durante el siglo XIX, la deforestación en la Huasteca Potosina fue constante debido a la introducción de la ganadería y de nuevos cultivos tropicales y subtropicales. Más tarde, en el siglo XX, las políticas de desarrollo (cuencas hidrológicas) y la demanda de tierras por los campesinos dieron por resultado la creación del Programa Nacional de Desmontes (Pronade) y el proyecto de

Figura 4.3. Presencia de ganado y parcelación de terrenos cerca de Monte Caldera. Muchos predios están delimitados por bardas tradicionales de piedra.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

riego del Pujal-Coy, los cuales, además de otorgar a los campesinos tierras para trabajar, buscaron incrementar la agricultura y la ganadería (Moreno, 2011).

Ahora, San Luis Potosí dedica 22 % de su superficie a la producción agrícola (Inegi, 2012). Los principales cultivos por regiones son, según Galindo Mendoza (2019a):

- Altiplano: nopal (tuna), chile, maguey (mezcal), orégano, frijol, lechuguilla, jitomate y maíz.
- Centro: jitomate, lechuguilla, chile, nopal (tuna), orégano, cebada, trigo, frijol, maguey (mezcal) y maíz.
- Media: orégano, jitomate, nopal (tuna), maíz, cítricos y chile.
- Huasteca: caña de azúcar, chile, jitomate, trigo, café, oleaginosas, maíz, cítricos y vainilla.

Las actividades del subsector agrícola se agrupan por grupos de cultivos, siendo los más representativos por la superficie destinada: cereales (maíz y avena), frutales (naranja, mandarina y tuna), hortalizas (chile verde, tomate rojo y zanahoria), forrajes (sorgo forrajero, pastos y sorgo en grano), industriales (caña de azúcar, café y vainilla), legumbres (frijol, lenteja y garbanzo), oleaginosas (cacahuate, cártamo y soya) y otras (soya, calabacita y granada).

El Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021 impulsó la actividad agropecuaria y las agroindustrias. En 2018, la superficie total sembrada fue de 798 633 ha y el valor de la producción alcanzó 18 149 millones de pesos. Los principales productos son tomate rojo (3 121 ha sembradas), caña de azúcar (100 462), naranja (32 742) y chile verde (23 876), los cuales representan el 67 % del total del valor de la producción agrícola estatal. Otros cultivos importantes se comercializan bajo arrendamiento, como el girasol, la soya y la cebada. Se cultivan también productos conocidos como símbolos potosinos (nopal-tuna, nopalitos, café y maguey), y otros productos tradicionales, como maíz, frijol y caña de azúcar para piloncillo (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2018-2019). Del total de la superficie agrícola del estado, el 68.9 % corresponde a agricultura de temporal (municipios de Villa de Arriaga, Santo Domingo, Ciudad Valles y Villa de Ramos), el 21 % a agricultura de riego (figura 4.4) (Rioverde, Villa de Ramos, Tamuín y Ébano); y el restante 12.5 % se dedica a la producción de pastos (San Martín Chalchicuautla, Aquismón, San Vicente Tencuayalab, Tamuín). El estado cuenta con una superficie total de 1 991 ha de invernaderos y malla sombra instaladas (municipios de Moctezuma, Ciudad del Maíz, Villa de Guadalupe, Villa de Arista, Cedral, Catorce, Vanegas, Guadalcázar, San Luis Potosí y Rioverde, principalmente).

Los matorrales micrófilos y pastizales naturales y cultivados funcionan como las principales zonas forrajeras. En el hato ganadero predominan bovinos, ovinos, caprinos, porcinos y avícolas. De acuerdo con el VII Censo Agropecuario 2007, en el estado de San Luis Potosí había 800 711 cabezas de ganado bovino; 212 627 de porcino, 286 960 de borregos y 418 432 de caprinos (figura 4.5), así como 5 195 534 aves de corral (Inegi, 2012). En la actualidad, la ganadería se desarrolla principalmente en el Altiplano y la Huasteca (Galindo, 2019a). La carne de bovino y el huevo para plato concentran el 68 % del total del valor de la producción estatal (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2018-2019).

Figura 4.4. La agricultura de riego juega un papel importante en la producción agrícola de algunas regiones.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.5. Ganado caprino en la sierra.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Los bosques de la entidad han disminuido paulatinamente como resultado de la deforestación para la apertura de cultivos y extracción forestal. A principios de la década de 2000, en la Huasteca se explotaban especies de árboles tropicales, como el cedro *(Cedrela odorata)*, empleado en la fabricación de muebles finos; el quebracho *(Aphananthe monoica)*, usado para la producción de mangos de herramientas; el palo santo *(Dendropanax arboreus)*, utilizado en la elaboración de chapas para los centros de madera terciada; y chaca *(Bursera simaruba)*, para la confección de madera terciada, chapas, mangos para herramientas, cercas vivas, postes y horcones para construcciones rurales (Galindo, 2019a).

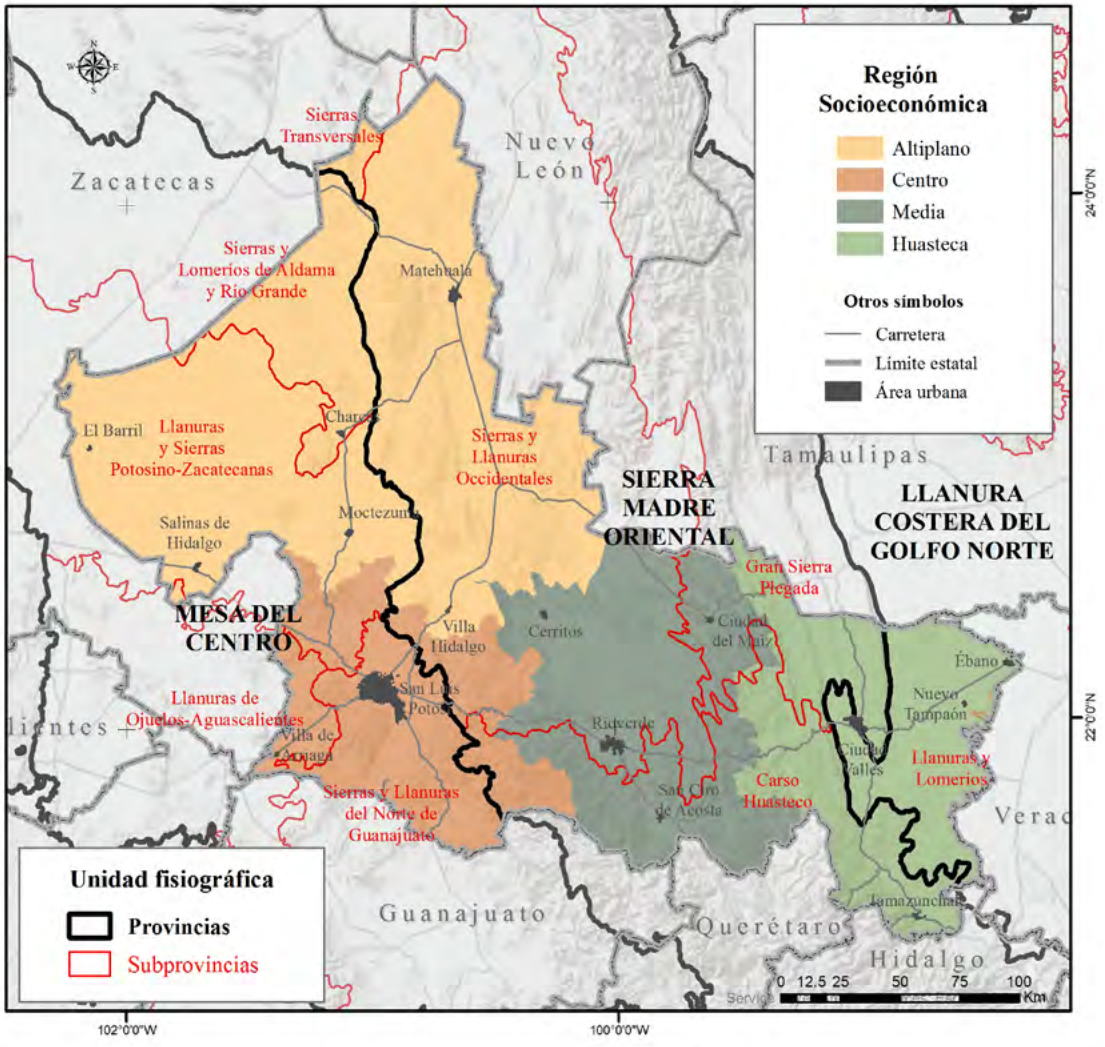
Subdivisión territorial y las regiones económicas

El territorio potosino ha sido dividido en cuatro regiones económicas: Altiplano, Centro, Media y Huasteca (figura 4.6). Desde el punto de vista cultural (Kirchhoff, 1943), el espacio geográfico potosino se divide en dos grandes regiones: Aridoamérica y Mesoamérica. El territorio de Aridoamérica —la Gran Chichimeca— abarca tres de las regiones económicas: Altiplano, Media y Centro; y el territorio de Mesoamérica corresponde con la Huasteca (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012).

La región Altiplano es la de mayor extensión de las cuatro regiones. Tiene una superficie de 28 405 km^2 y sus quince municipios ocupan 46.3 % de la superficie total. En ella predomina el clima seco e incluye el área conocida como El Salado (extremo norte del estado); y, fisiográficamente, corresponde a Aridoamérica (figura 4.7). Según el censo de 2010, contaba con 334 261 habitantes (12.4 % de la población estatal), y el 51 % de esa población radicaba en zonas urbanas, en la ciudad de Matehuala —principal centro económico de la región—, y los centros de población de Salinas, Charcas y Cedral.

Aporta el 7 % del PIB estatal, y es de vocación terciaria al concentrar el 40 % del comercio y servicios, aunque el papel del sector primario es muy importante, pues ocupa más del 36 % de la población activa, en contraste con el 19 % de la actividad terciaria, aunque, en conjunto, realmente se puede calificar como de vocación minera. En 1772, el descubrimiento y explotación del mineral en Catorce lo convirtió en un sitio clave para el virreinato (figura 4.8). Sobresalen los pueblos que en una época destacaron por su actividad

Figura 4.6. Mapa con las cuatro regiones socioeconómicas en que se divide el estado de San Luis Potosí, así como la división en las tres provincias fisiográficas (Mesa del Centro o Altiplano Occidental, Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte o Planicie del Golfo, indicadas con una línea negra gruesa); y las nueve subprovincias fisiográficas (línea roja).



Fuente: Inegi (s.f.2). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Figura 4.7. Vistas de la geología y la vegetación en la región del Altiplano que permiten apreciar el paisaje geológico y las formas vegetales.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.8. Vista del paisaje de las orillas de Real del Catorce y la sierra hacia el fondo.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

minera; tal es el caso del municipio de Charcas, Guadalcázar y Real de Catorce, lugares donde abundaron el oro, la plata y el zinc (figura 4.9).

En esta zona, la actividad agropecuaria es fundamentalmente de carácter extensivo de temporal, con predominio de cultivos anuales tradicionales de maíz y frijol, forrajes, perennes como la tuna, pastos y praderas (figura 4.10). La ganadería de caprinos es una actividad económica importante en el medio rural.

Al comparar el uso del suelo entre 2007 y 2012, resalta el incremento de la superficie agrícola, y levemente la de vegetación de matorrales. También destaca la reducción de la superficie de bosque y pastizal (Galindo, 2019a). En esta región se encuentra el área federal de protección de flora y fauna Sierra La Mojonera, el área natural protegida reserva estatal Real de Guadalcázar, donde se protege una parte importante del matorral submontano, un ecosistema relativamente diverso y con gran riqueza de especies. También se halla uno de los patrimonios naturales y culturales más importantes, la Reserva Estatal del Paisaje Cultural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárica.

Figura 4.9. Templo de la Inmaculada Concepción (Guadalcázar) e iglesia de Pozo del Carmen (Armadillo de los Infante), parte del patrimonio histórico de la región.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.10. Vista de un valle con agricultura de temporal y uso de terrazas para siembra.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

La región Centro cuenta con una superficie de 9 571 km², y sus doce municipios abarcan el 15.6 % de la superficie del estado. En esta región se ubica la capital del estado, al sur del Altiplano y al oeste de la región Media (figuras 4.11 y 4.12). Sus cambios reflejan la continuidad de los procesos históricos de centralización territorial de la población; en el periodo 2000-2010, aumentó de 45.8 % a 48.7 % de la población total del estado (figuras 4.13 y 4.14).

En la actualidad aporta el 71.5 % del PIB estatal, y más del 65 % de su población se ocupa del comercio y los servicios; el sector secundario también es relevante, con la participación de casi el 30 % de la población, mientras que el sector primario sólo alcanza el 4 % (figuras 4.15 y 4.16). Al comparar el uso del suelo en la región entre 2007 y 2012, se destaca un incremento de la superficie de suelo agrícola y una reducción de la cobertura de los bosques y pastizales naturales (Galindo, 2019a). Esta región del semidesierto cuenta con una agricultura altamente tecnificada con sistemas de riego avanzados para el cultivo de hortalizas de alta rentabilidad, dirigida a los mercados nacionales y extranjeros —desarrollo agrícola del valle de Arista-Moctezuma-Venado—; y por el otro lado, agricultores de temporal que producen maíz-frijol para au-

Figura 4.11. Vista de la Sierra de San Miguelito, con su geología característica.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.12. Vegetación con cactáceas columnares en el Cerro San Pedro.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.13. Vista de la ciudad de San Luis Potosí. En primer plano se aprecia la torre y la cúpula del templo de San Francisco; en segundo plano, a la izquierda de la cúpula, se ubican las torres de la iglesia de San Miguelito, el centro histórico de San Luis Potosí. Al fondo se aprecia la Sierra de San Miguelito.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

toconsumo, con prácticas agrícolas tradicionales, bajos rendimientos y condiciones de marginación.

En esta región se ubica el parque nacional Gogorrón, el área de protección de flora y fauna Sierra de Álvarez, el monumento natural Joya Honda (figura 4.17), el parque urbano Paseo de la Presa y la reserva estatal Sierra de San Miguelito. En ellos se puede encontrar una buena representación de nopales y biznagas (figura 4.18).

El ferrocarril fue un factor determinante para el desarrollo urbano y arquitectónico de la ciudad de San Luis Potosí a fines del siglo xix. La estratégica ubicación geográfica de la ciudad permitió y estimuló la concesión y construcción de dos ejes ferrocarrileros que cruzaban de norte a sur: la del Ferrocarril Nacional Mexicano (de México a Laredo, en 1888); y de este a oeste, la del Ferrocarril Central Mexicano (Tampico-San Luis-Aguascalientes, 1890).

Con la llegada de los ferrocarriles, se intensificoaron el comercio, la industria y la minería. Se iniciaron las exportaciones y la migración de los pobladores.

Figura 4.14. Arcos y corredores del antiguo convento franciscano de San Miguel Mexquitic.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.15. Calle escalonada con la arquitectura tradicional, en Cerro de San Pedro, y señalización de calles en este poblado turístico.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.16. La industria antes y ahora.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.17. Imagen del cráter Joya Honda, en Soledad de Graciano Sánchez.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

La región Media cuenta con una superficie de 11 906 km², y sus once municipios abarcan 19.4 % del área total del territorio estatal. Diez de las doce cabeceras municipales tienen asentamientos prehispánicos; Cárdenas y Ciudad Fernández se fundaron en el siglo xvii. Predomina el clima seco y templado

Figura 4.18. Vista de la vegetación de la zona seca, donde predominan biznagas y nopales.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

con lluvias. Es un territorio de transición entre Aridoamérica y Mesoamérica. Su transitorialidad, fisiográfica y medio ambiental, así como sus enlaces e infraestructura, le asignan un papel de equilibrio y contraste para el desarrollo urbano y la planeación estratégica microrregional (Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2012).

La región se ubica en un territorio muy accidentado entre dos sierras de gran tamaño; son muy frecuentes las pequeñas sierras de tan sólo unos kilómetros de largo. La altitud oscila entre 840 msnm en las zonas del valle de Rioverde (figura 4.19) hasta poco más de 1 600 msnm en partes serranas de Alaquines, Cárdenas y Ciudad del Maíz. Actualmente, aporta el 7.9 % del PIB estatal y aloja al 10.6 % de la población estatal. Su evolución demográfica ha sido lenta, particularmente en el periodo 1990-2000, cuando perdió población de forma significativa. El sistema urbano regional se conforma básicamente por la conurbación de Rioverde-Ciudad Fernández y los centros de población de Cárdenas, Cerritos y Ciudad del Maíz (figura 4.20).

La región Media concentra más de la mitad de la población estatal ocupada en el comercio y los servicios, y el sector primario es el segundo en importancia, con 32.93 % de esta población.

Figura 4.19. Vista de un nacimiento de agua usado por los pobladores como balneario en San Bartolo, Rioverde. Los lugareños aprovechan los manantiales de agua en un día de calor.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.20. Estación de tren de San Bartolo.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

La comparación del uso del suelo en la región entre 2007 y 2012 muestra que se incrementó la superficie agrícola, así como la cobertura del bosque, de la selva y del pastizal, aunque se redujo la de los matorrales (Galindo, 2019a). En esta región se localizan el parque nacional El Potosí, la reserva estatal La Loma, el parque estatal Manantial de la Media Luna y el parque estatal Palma Larga.

La región Huasteca o Huasteca Potosina se localiza al oriente del estado y se halla enclavada en la Sierra Madre Oriental, en las sierras de San Martín, Tamazunchale, Nicolás Pérez y Tanchipa. El área territorial es de 11 250 km², distribuida entre veinte municipios que representan poco más del 18.4 % de la superficie del estado. Según el censo de 2010, su población alcanza los 720 000 habitantes, es decir, casi el 28 % de la población estatal. El cambio demográfico en el periodo 2000-2010 ha sido moderado. Ha disminuido su participación en la distribución territorial de la población, al pasar de alojar el 29 % al 27 % del total de los habitantes del estado.

Es la región con el mayor grado de multiculturización en el estado, dada la importante presencia y participación de la población originaria, y la gran dispersión de los asentamientos humanos. Viven y conviven téneks, nahuas, pames y mestizos. Los primeros habitan principalmente en los municipios de Aquismón, Tanlajás, Tampacán, Valles, Huehuetlán, San Antonio y Tancanhuitz. Los nahuas se encuentran asentados fundamentalmente en los municipios de la microrregión Huasteca sur: Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Xilitla, San Martín Chalchicuautla y Coxcaltlán; los pames, en el municipio de Tamasopo, y han constituido una colonia en el centro de población de Alaquines en la región Media (figura 4.21). Las relaciones que mantienen los téneks con los nahuas, pames y mestizos son de índole comercial, política y cultural. Hoy en día, la distribución de los caseríos indios en la Huasteca Potosina guarda relación con los patrones agrícolas derivados de la práctica ancestral de roza, tumba y quema. Los asentamientos de la población son semidispersos (figura 4.22).

El sistema urbano regional está conformado principalmente por Ciudad Valles, como centro de población regional, y por los centros de población de Tamazunchale, Ébano, Tamuín, El Naranjo y Tanquián de Escobedo. Cerca está el "pueblo mágico" de Xilitla (figura 4.23).

Figura 4.21. Vista de la sierra y la planicie inundable que forman la Ciénaga de Cabezas en Tamasopo.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.22. Técnicas de construcción usando bambú y tierra para formar un tipo de adobe y techos de materiales vegetales de un pasto conocido como caña. Productos artesanales de la región usando los recursos naturales: madera, barro y frutos para hacer licores.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 4.23. Vista de Xilitla, un paisaje surrealista mezcla de selva tropical y esculturas en piedra, conocido como el jardín de Las Pozas, creado por el artista inglés Edward James.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Aporta el 13.6 % del PIB estatal; concentra más de la mitad de su población, ocupada en el comercio y los servicios, siendo el sector primario el segundo en importancia, con 32.93 % de esta población. Históricamente, iniciado el siglo XX, el 3 de abril de 1904, en las estribaciones del cerro de la Pez, aledaño a la población de Ébano, brotó el primer pozo petrolero en México.

Entre 2007 y 2012 se incrementaron el uso del suelo, la cobertura del bosque, de los matorrales y de los pastizales, y se redujo la superficie agrícola y la cubierta por las selvas (Galindo, 2019a). En esta región se ubica la reserva de la biosfera Abra-Tanchipa (figura 4.24), el monumento natural bosque Adolfo Roque Bautista, el monumento natural Cuevas del Viento y la Fertilidad, el monumento natural Hoya de las Huahuas, el monumento natural Sótano de las Golondrinas, la reserva estatal Sierra del Este y de Enmedio y la reserva estatal Tancojol.

Figura 4.24. Vegetación de selvas que cubre la Sierra de Abra Tanchipa y apertura de terrenos para actividades ganaderas.

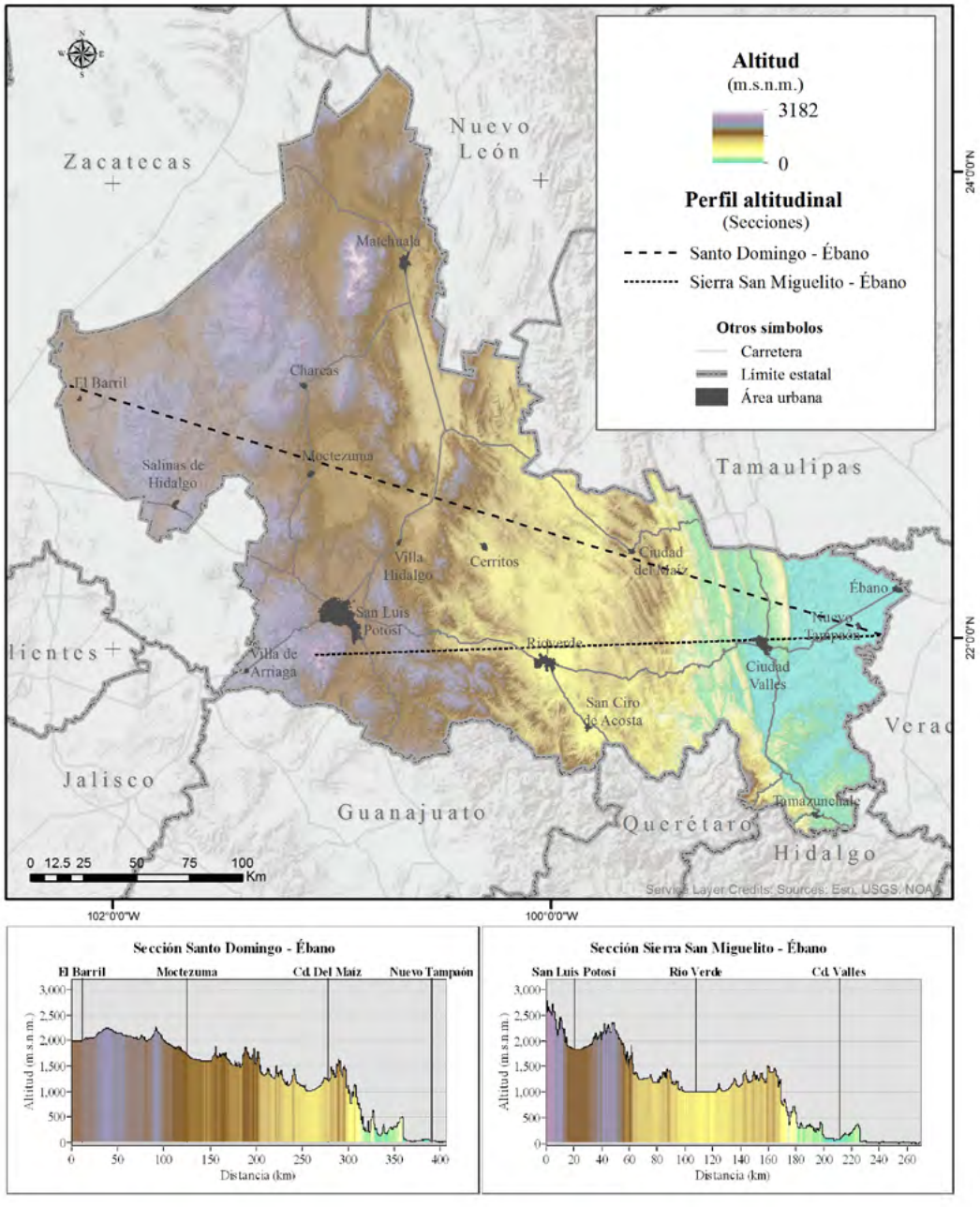
Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Las provincias fisiográficas

Las cuatro regiones económicas del estado están incluidas dentro de tres zonas naturales denominadas provincias fisiográficas. Éstas son unidades geográficas naturales, con una geomorfología característica y frecuentemente un tipo de roca (geología) o elementos estructurales específicos del subsuelo; es decir, con un mismo origen geológico, con tipos de rocas semejantes en la mayor parte de su extensión y con geoformas similares.

Estas tres provincias fisiográficas se denominan: i) Mesas del Centro o Altiplano Occidental, ii) Sierra Madre Oriental y iii) Llanura Costera del Golfo Norte o Planicie del Golfo (figuras 4.6 y 4.25). Hay una correspondencia entre las provincias fisiográficas y los rasgos orográficos del estado; la Altiplanicie o Mesa del Centro, en la parte occidental de la entidad, son amplias llanuras con mesetas, sierras y lomeríos; la Sierra Madre Oriental, al centro del territorio estatal, con las mayores altitudes de laderas abruptas; y la Llanura Costera del Golfo Norte, en el extremo oriental, una extensa planicie de suave pendiente hacia la costa (Contreras, 2019a). A continuación, se describen (Inegi, 2002; Ibarra, 2019; Mata, 2019):

Figura 4.25. Mapa de San Luis Potosí con sus colindancias, altitudes a lo largo del territorio y una representación de dos perfiles altitudinales, indicados con una línea con guiones (Santo Domingo-Ébano) y una línea punteada (Sierra San Miguelito-Ébano). La gráfica muestra el perfil altitudinal a lo largo del transecto.



Fuente: Inegi (s.f.3). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Las Mesas del Centro o Altiplano Occidental constituyen una región extensa, seca y elevada que se localiza al oeste del estado. Abarca la mayor parte del Altiplano Potosino, desde Santo Domingo, al norte del estado, hasta Tierra Nueva y Santa María del Río, al límite con Querétaro. Incluye veintiún municipios (trece de forma parcial y ocho de forma completa). Ocupa 35.30 % de la extensión territorial de la entidad. Está formada por amplias llanuras con mesetas, sierras y lomeríos de suaves pendientes y pequeñas sierras dispersas, como El Tunalillo, Los Lobos, Las Hendiduras, El Jacalón, Ahualulco y San Miguelito. En el Altiplano llueve poco, y algunos de los ríos llevan agua sólo en la estación lluviosa, como el Santa María. En esta zona hay puntos en donde el agua brota y forma manantiales y humedales.

Algunas de las numerosas localidades ubicadas en el Altiplano o Mesa del Centro son la ciudad de San Luis Potosí —con la mayor altitud (2 870 msnm) de la zona—, Charcas, Venado, Moctezuma, Ahualulco, Mexquitic, Santa María del Río, Salinas de Hidalgo. Alberga una parte de la región económica Altiplano y la mayor parte de la región Centro. Las llanuras con frecuencia tienen fase de piso rocoso (horizonte petrocálcico), algunas son salinas o inundables-salinas, mientras que otras están asociadas con lomeríos. En esta provincia se ubican las salineras, como el Peñón Blanco.

La Sierra Madre Oriental se ubica en la zona noroeste y atraviesa de norte a sur toda la porción central de la entidad, extendiéndose hacia el sureste rumbo a Tamazunchale. Incluye 47 municipios (24 de ellos de forma completa). Es fundamentalmente un conjunto de sierras menores de estratos plegados, donde se localizan las máximas elevaciones de laderas abruptas y pequeños valles intermontanos. Esta provincia comprende 56.90 % de la superficie total del estado. En la región se encuentran las serranías de Catorce, Coronado, La Ruda, Los Librillos, Guadalcázar y Los Lirios. En el centro se alzan el Cerro de San Pedro, la Sierra de Álvarez y de Camarón. Ahí nacen algunos ríos, como el río Verde, que es uno de los más largos de la región y corre por el fondo del valle del mismo nombre. Ciudad Fernández y Rioverde son las poblaciones asentadas en este lugar.

En las partes altas de las sierras hay pequeñas áreas cubiertas de bosques, así como los poblados de Vanegas, Cedral, Real de Catorce y Matehuala. En el suroeste está la Sierra de San Luis, de la que se desprenden las sierras de Ahualulco y San Miguelito. La parte este de la Sierra Madre Oriental está conformada por serranías alargadas y curvadas como la Sierra del Abra Tanchipa, donde el

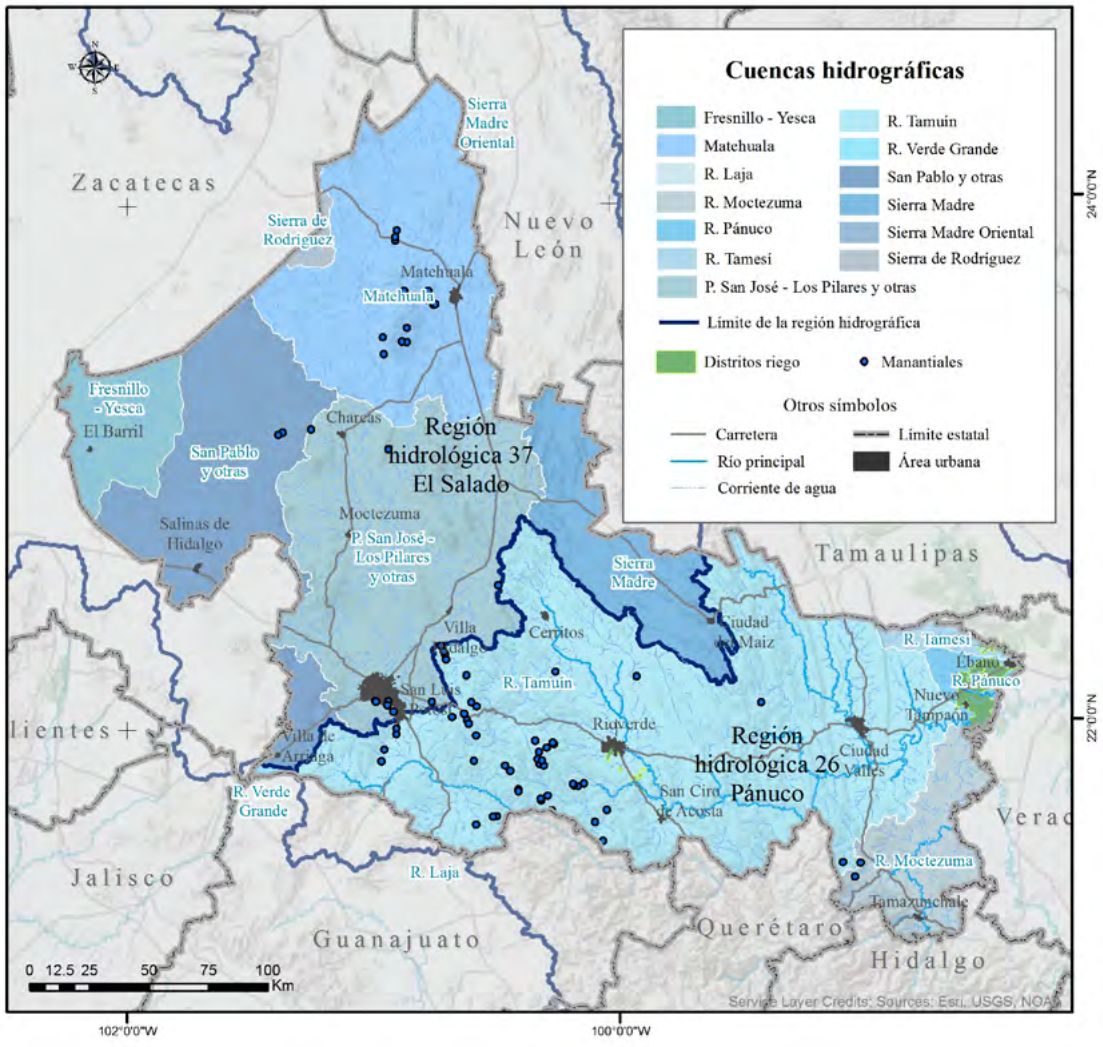
clima es cálido y húmedo y en la Gran Sierra Plegada, se ubican Ciudad del Maíz y El Naranjo. Alberga la región económica llamada Media, una pequeña parte de la región Centro y el resto de la región económica del Altiplano.

La Llanura Costera del Golfo Norte o Planicie del Golfo se localiza en el oriente, al sureste del estado, en la porción comprendida entre Ciudad Valles hasta San Martín Chalchicuatla, al límite con Veracruz. El área ocupa 7.80 % de la entidad. Incluye trece municipios (tres de ellos completos y diez de manera parcial). Esta provincia fisiográfica abarca también parte de los estados de Tamaulipas, Hidalgo y Veracruz, y conforma una extensa planicie de pendiente suave con escasos lomeríos aislados, poco extensa. Las máximas elevaciones son de 100 a 150 msnm y se ubican en el flanco oriental de la sierra Cucharas, al norte de Tamuín, así como en las inmediaciones de Tanlajás y Tampamolón Corona. La mínima elevación es de 15 msnm y se presenta al este de la cabecera municipal de Tamuín, en donde se unen los ríos Tampaón (Tamuín) y Moctezuma. La atraviesan dos ríos caudalosos que nacen en la Sierra Madre Oriental y desembocan en la costa del golfo de México. El río Pánuco se forma cuando se unen los ríos Tampaón y Moctezuma, y su desembocadura se encuentra cerca de Tampico, entre las costas tamaulipeca y veracruzana. El clima es cálido y húmedo. En la planicie se encuentran Ciudad Valles, Ébano, Tamuín, Tanquián de Escobedo, Tampacán, San Vicente Tancuayalab y Tancanhuitz de Santos, entre otras. Alberga la región económica denominada Huasteca. Esta provincia integra una costa de emersión (proceso de aparición de un cuerpo que se encontraba sumergido).

Relieve e hidrología

Por su ubicación geográfica, San Luis Potosí tiene un relieve donde se combinan las regiones accidentadas con las zonas planas. Se extiende sobre diferentes altitudes, como ya se mencionó: desde los 3 180 msnm del Cerro Grande, sobre la Sierra de Catorce (3 110 m) en la Sierra Madre Oriental, la Sierra del Coronado (2 810 m), la Sierra de los Picachos de Tunalillo (2 770 m) hasta las zonas muy cercanas al nivel del mar, con 15 msnm en la planicie de la Llanura Costera del Golfo Norte, sobre la ribera del río Moctezuma en la Huasteca norte (Inegi, 2002; Ibarra, 2019).

Figura 4.26. Cuencas hidrográficas y principales corrientes de agua, con base en la delimitación de Inegi.



Fuente: Inegi (s.f.1; s.f.4); Conagua (2021), distritos de riego. Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Desde el punto de vista hidrológico, el estado es parte de dos grandes regiones hidrológicas (figura 4.26), con varias cuencas en ambas. La primera es El Salado, de clima seco y semiseco, en donde las aguas superficiales no tienen salida al mar (cuenca endorreica), con corrientes de poca importancia y curso reducido. Las corrientes superficiales de mayor importancia son San Antonio, Las Pilas, El Astillero, Las Magdalenas, El Tule, Justino, Bocas, Cabras, Mex-

quitic y Santiago. Representa 58.29 % de la superficie estatal. La segunda región hidrológica es Pánuco, de clima cálido a subhúmedo, con una extensión de 41.71 %, con abundantes precipitaciones que generan una importante red fluvial con ríos de régimen permanente y cuyos ríos principales desembocan cerca de Tampico (cuenca exorreica). Las corrientes superficiales más importantes son los ríos Armadillo, Jofre, Santa María, Verde, Valles y, desde luego, los que dan el nombre a las cuencas mencionadas. Por su volumen de agua, destacan el río Tampaón o Tamuín y el Moctezuma, que desembocan en el río Pánuco (Inegi, 2007; Contreras, 2019a; Galindo, 2019b; Ibarra, 2019). Destaca la producción de cereales y forrajes (por extensión de superficie cosechada), frutas y hortalizas (por el valor de la producción), además de chile verde, jitomate y alfalfa verde (Cruz-Medina, 2019).

La mayor parte de su superficie está ocupada por matorrales de diversos tipos (41 % matorrales desértico micrófilo, desértico rosetófilo, crasicaule y submontano), seguida por pastizal (11 % natural y cultivado), bosque (7 % pino, pino-encino, encino-pino, encino, táscate y mesófilo de montaña) y selvas (3.5 % baja caducifolia, mediana subperennifolia y alta perennifolia). La mayor alteración ha sido en las selvas y los bosques, y en menor grado en los matorrales y pastizales. La ganadería y la agricultura han sido las principales causas de su deforestación (Contreras, 2019a).

En síntesis, San Luis Potosí es un estado de contrastes y transiciones. Su territorio, marcado por importantes diferencias altitudinales y climas contrastantes, resultó en una historia de su poblamiento, en el contacto entre Aridoamérica y Mesoamérica, en el encuentro entre la agricultura mesoamericana y la minería impulsada en la Colonia, en una zona de convulsiones y sucesos históricos durante los siglos XIX y XX. Sobre este sustrato se desarrollaron comunidades vegetales y animales, diversas y ricas en especies, base de tradiciones y de la actual cultura y sus paisajes característicos (capítulo 1, "El paisaje potosino"). Hoy en día es un territorio con poblaciones importantes de especies de gran valor, pero otras en riesgo; un territorio que requiere elevar el nivel de vida de sus pobladores, pero también conservar su riqueza natural. Estas transiciones le dan un enorme potencial, pero se requiere encontrar nuevos rumbos sustentables que permitan el bienestar de sus pobladores y la conservación de su patrimonio natural.

Referencias

Conagua (2021). "Datos vectoriales de los distritos de riego a nivel nacional. Escala 1:250000". México: Comisión Nacional del Agua. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>.

Contreras Servín, C. (2019a). "Resumen ejecutivo. Contexto físico", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 19-20.

Contreras Servín, C. (2019b). "La actividad ganadera y su impacto ambiental", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 199-205.

Cruz-Medina, J. (2019). "Resumen ejecutivo. Contexto socioeconómico", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 75-76.

Galindo Mendoza, M. G. (2019a). "Tipos de vegetación y uso del suelo", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 63-71.

Galindo Mendoza, M. G. (2019b). "Recursos hídricos", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 45-51.

García Guarneros, R. (2001). "La embriaguez en los pueblos indios de la Nueva España. Producción, circulación y consumo de bebidas embriagantes en Chicontepec (siglos xvi-xviii)", tesis de licenciatura en Etnohistoria, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2012). "Plan estatal de desarrollo urbano de San Luis Potosí (2012-2030). Memoria escrita (XIV.I de los T. de R.)". <http://201.144.107.246/infpubestatal2/_secretar%c3%8da%20de%20desarrollo%20urbano,%20vivienda%20y%20obras%20p%c3%9ablicas/art%c3%adculo%2022.%20fracc.%20i/2013/junio%20%20plan%20estatal%20de%20desarrollo%20urbano%202012_2030/memoria%20escrita%20slp%20octubre%20final.pdf>.

Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2015). "Plan estatal de desarrollo 2015-2021. Plan de San Luis", *Periódico Oficial del Gobierno del*

Estado, año XCIX, tomo II. Miércoles 23 de marzo de 2016. Edición extraordinaria. <https://slp.gob.mx/secult/pdf/Plan-Estatal-de-Desarrollo-2015-2021-(23-MAR-2016).pdf>.

Gobierno del Estado de San Luis Potosí (2018-2019). "Cuarto informe de gobierno (2018-2019)". San Luis Potosí, México. <https://slp.gob.mx/cuartoinforme/Documentos%20Vertientes/Eje%201/4_Eje1_Vert4_Cualitativo.pdf>.

Guevara, S. y P. Moreno-Casasola (2008). "El dilema de los recursos naturales: la ganadería en el trópico de México", *Guaraguao,* vol. 12, núm. 29, pp. 9-23.

Ibarra Zapata, E. (2019). "Superficie y relieve", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 21-24.

Inegi (2002). "Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (2007). "Panorama agropecuario en San Luis Potosí. Censo agropecuario 2007". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825003845>.

Inegi (2012). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 Serie V". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f. 1). "Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica (capa manantiales). Escala 1:1000000". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f. 2). "Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1000000 Serie I". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f. 3). "Continuo de elevaciones mexicano (CEM 3.0). Resolución 30m". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.

Inegi (s.f. 4). "Red hidrográfica. Escala 1:50000 edición 2.0". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Kirchhoff, P. (1943). "Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales", *Acta Americana,* vol. 1, núm. 1, pp. 92-107.

Mata Cuéllar, F. (2019). "Fisiografía", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 25-29.

Monroy Castillo, M. I. y T. Calvillo Unna (2010). *San Luis Potosí. Historia Breve.* México: El Colegio de México / Fondo de Cultura Económica.

Moreno, A. (2011). "Efectos ambientales del Programa Nacional de Desmontes, México, 1972-1982", tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Reynoso Tristán, J. (2008). "Estudio del subsector agrícola en el estado de San Luis Potosí", tesis de Licenciatura en Economía Agrícola y Agronegocios, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ribeiro-Palacios, M., E. Huber-Sannwald y J. T. Arredondo Moreno (2019). "La diversidad agrícola y cultural frente al modelo económico neoliberal", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 187-193.

Servicio Geológico Mexicano (2019). "Panorama minero del estado de San Luis Potosí". México: Secretaría de Economía, Subsecretaría de Minería. <www.gob.mx/sgm>.

LOS GRADIENTES AMBIENTALES

CAPÍTULO 5
EL CLIMA Y LA ALTITUD

Patricia Moreno-Casasola
Roberto C. Monroy Ibarra

San Luis Potosí tiene un relieve muy marcado desde las sierras que alcanzan altitudes que oscilan entre 2 800 y 3 180 msnm, en el Altiplano Potosino, hasta alturas muy cercanas al nivel del mar en la región más oriental, en la planicie costera hacia el golfo de México, en la Huasteca norte. Estas características determinan, en cierta medida, algunos elementos del clima (Ibarra, 2019) y se relacionan en parte con la cantidad de lluvia y la temperatura estacional.

La ubicación del estado de San Luis Potosí, su orografía y consecuente gradiente altitudinal permiten apreciar tres grandes regiones climáticas: i) la región occidental, con un clima de tipo seco; ii) la región central, con climas de semicálidos subhúmedos a secos templados; y iii) la porción oriental, que abarca desde el declive de la Sierra Madre Oriental hasta la planicie costera, con un clima predominante cálido húmedo y subhúmedo (Contreras, 2019).

Contreras divide los climas en seis grandes grupos que se muestran en la figura 5.1, ya que el clima semifrío, subhúmedo, ocupa un área muy pequeña (0.01 % del estado) en la Sierra del Catorce. Puede verse que casi la mitad del estado tiene un clima seco. Si se suma el territorio ocupado por climas secos, semisecos y muy secos, éstos cubren el 73.4 % de la superficie. Es en la región central y en la oriental donde se localizan los climas cálidos y semicálidos, mientras que los templados predominan en las zonas de mayor altitud (figura 5.2).

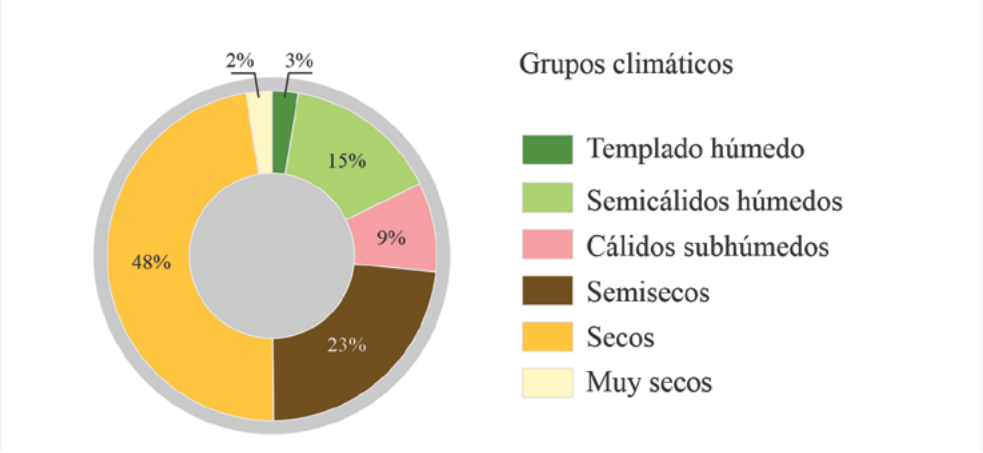
En la figura 5.2 se presenta un mapa con la distribución de los tipos dominantes de clima (templado húmedo, semicálido húmedo, cálido subhúmedo, semiseco, seco y muy seco). El clima semifrío sólo aparece en Real del Catorce. La Sierra Madre Oriental recorre la parte oriental del territorio en dirección noroeste a sur-sureste con altitudes menores a 3 000 msnm, por ejemplo

la Silla de Xilitla. El ancho de la Sierra Madre Oriental oscila entre los 60 y los 80 km, y es una barrera para los vientos húmedos provenientes del golfo de México (Ibarra, 2019).

El cuadro 5.1 muestra un resumen de los distintos tipos y subtipos climáticos presentes en el estado de San Luis Potosí; la simbología con que se les denomina —con base en el sistema de Köeppen (García, 2004)—, los rangos de temperatura media anual y la precipitación que abarca cada uno de ellos, así como ejemplos de su localización en el estado. Como base se utilizó la información generada por Contreras (2019).

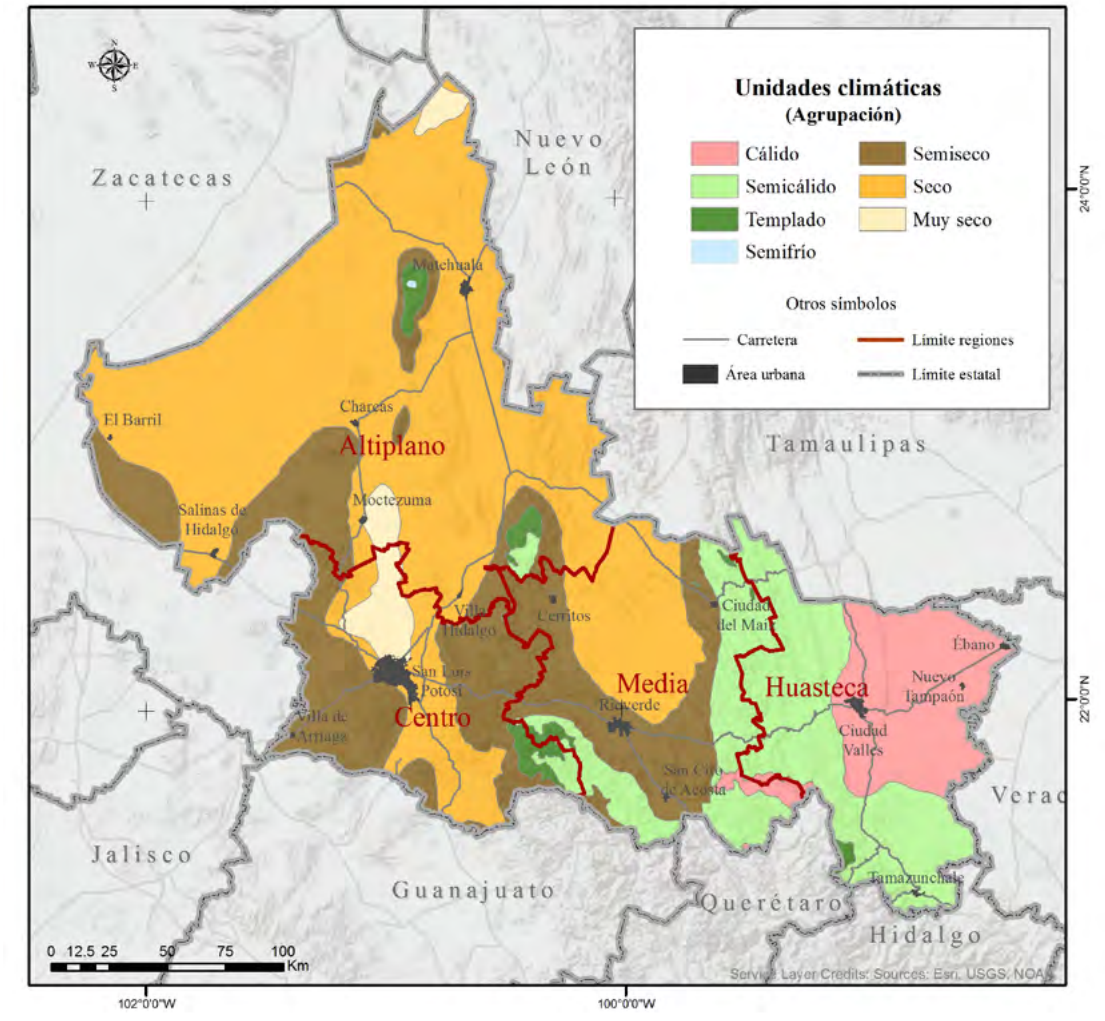
Las heladas son un fenómeno que afecta al estado. En las partes más orientales, en donde el clima que prevalece es el semicálido subhúmedo y húmedo, se tienen registrados de 0 a 5 días con heladas al año; en la zona central de la Sierra Madre Oriental, los climas secos, semisecos y semicálidos tienen heladas entre 5 y 10 días al año. Conforme el clima se vuelve más seco y más frío, se registran entre 10 y 20 días al año, y en las partes más elevadas son de 20 a 40 días con heladas (Contreras, 2019).

Figura 5.1. Porcentaje de superficie que abarcan los seis grandes grupos de climas de San Luis Potosí.



Fuente: Contreras (2019).

Figura 5.2. Mapa con los tipos dominantes de clima en el estado de San Luis Potosí. El clima semifrío sólo aparece en Real del Catorce. Se puede apreciar su distribución en las cuatro regiones económicas.



Fuente: Inegi (2008). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

La temperatura varía a lo ancho del estado. Las temperaturas más bajas se localizan en las subprovincias más continentales, y las más altas hacia las tierras bajas más cercanas a la zona costera. La precipitación también varía a lo largo del gradiente de temperatura antes descrito. El gradiente muestra precipitaciones entre 100 y 350-400 mm anuales en la parte más continental, y las precipitaciones más altas hacia las tierras bajas más cercanas a la costa (figura 5.3).

Cuadro 5.1. Tipos y subtipos climáticos del estado de San Luis Potosí, su simbología, los rangos de temperatura media anual, la precipitación y su localización en el estado (basado en Contreras, 2019; Inegi 2002).

Grupo / símbolo		*Tipo*	*Símbolo*	*Temperatura media anual (ºC)*	*Precipitación media anual (mm)*	*Localización*
Clima semifrío	C(E)	Semifrío, subhúmedo con lluvias de verano	(w1)	5 y 12	600 a 700	Sierra del Catorce
Clima templado	C	Húmedo con abundantes lluvias en verano	(m)	16 a 18	1200 a 1500	Sierras El Pinal, El Pino, El Camarón
		Subhúmedo con lluvias en verano	(w)	12 a 16	500 a 700	Alrededores Real del Catorce
Climas semicálidos	(A) C	Semicálido húmedo con lluvias abundantes todo el año	f(m)	18 a 24	1200 a 2500	Xilitla, Tamazunchale
		Semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano	w	15 a 23.5	1540 a 1920	Gran parte de Sierra Madre Oriental
Climas cálidos	(A)	Cálido subhúmedo con lluvias en verano (humedad baja)	w(w)	24.5 a 26.8	848 a 1044	Sierra de Tamuín, Ébano, Pujal-Coy y Nuevo Tampaón
		Cálido subhúmedo con lluvias en verano (humedad media)	w	24.8 a 25.5	1119 a 1341	Sierra Cucharas, Ciudad Valles, San Vicente Tancuayalab
		Cálido subhúmedo con lluvias en verano (humedad alta)	w(x')	24.5 a 25.5	1404 a 1541	Vertiente este Sierra Madre Oriental (Chantol, Mitlija, La Cebadilla, San Nicolás)
Climas semisecos	BS	Semiseco templado	k	16.1 a 17.6	350 a 577	Sur del estado, en las áreas de Armadillo de los Infantes, El Cincuenta y Ocho y la Salitrera; al suroeste, en los valles de Villa de Arriaga, El Mezquital y Mexquitic, las sierras de San Miguelito, Ahualulco, El Jacalón, El Picacho y las Hendiduras; y al oeste en una porción de Villa de Ramos y Salitral de Carrera
		Semiseco semicálido	h	18.8 a 21.7	495 a 645	Centro del Estado (Sta. Catarina, Rioverde, Cárdenas, Alaquines y Pedro Montoya)
		Semiseco muy cálido y cálido	(h')	22 a 24	600 a 800	Noreste Pedro Montoya
Climas secos	BS0	Seco templado con lluvias en verano	k	16 a 18	300 a 400	Norte del Estado desde Cedral hasta San Vicente
		Seco semicálido con lluvias en verano	h	18.7 a 21.8	28 a 422	Villa Arista, Villa Hidalgo hasta Matehuala, Negritas, Palomas, La Libertad y San Francisco
Climas muy secos	BW	Muy seco semicálido con lluvias en verano	h	16 a 20	100 a 400	El Peñasco, Ojo de Zarco y Los Vázquez, hasta San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez
		Muy seco templado con lluvias en verano	k	18 a 22	300 a 400	Arista, en Zamorilla, El Amparo, Salsipuedes, Murillos, Corazón de Jesús y al este de Moctezuma

Las sequías han sido frecuentes en San Luis Potosí. Son un fenómeno que afecta condiciones no sólo ecológicas, sino sociales, económicas y políticas. La aridez fue determinante en la forma de vida de los grupos chichimecas que

poblaron las zonas del Altiplano de la entidad (Monroy y Calvillo, 2010), y hoy en día sigue teniendo un fuerte impacto. Desde el punto de vista meteorológico, Contreras (2016) explica que la sequía se define como una condición anormal y recurrente del clima que se presenta en todas las regiones climáticas del planeta e implica una marcada reducción en la cantidad de precipitación que se presenta en una zona. Puede producir serios desbalances hidrológicos y convertirse en un desastre, como se explica en el capítulo 3 de este volumen ("Los eventos naturales"). La aridez es una característica permanente de ciertos climas, como sucede en el Altiplano Potosino y en 51 a 61 % del territorio mexicano.

La ubicación geográfica de México, su forma y sus extensas costas propician la presencia e impacto de distintos fenómenos meteorológicos que influyen en los patrones de lluvias de verano predominantes en casi todo el país (junio-julio a octubre-noviembre) y lluvias invernales con mucha menor precipitación (diciembre-febrero). Estos fenómenos son las tormentas tropicales, los ciclones y huracanes y los años del Niño y la Niña. Las lluvias convectivas normales son insuficientes para asegurar la agricultura de temporal en casi la totalidad del país y en algunas regiones de México —en especial el norte, sería un desierto de arena sin la presencia anual de los ciclones— (Contreras, 2016). El Niño- Oscilación del Sur (ENOS o ENSO, por sus siglas en inglés) es el resultado del calentamiento-enfriamiento recurrente de la superficie del océano en el Pacífico del Este. Asociados a esas variaciones en la temperatura del mar, se presentan cambios en la presión atmosférica, conocidos como oscilación del sur, de ahí el nombre de ENOS. Se le llama el Niño al evento caliente o fase caliente del ENSO, y se le llama la Niña (o el Viejo, o el anti-Niño) al evento frío o fase fría del ENSO. El ciclo del ENSO puede darse aproximadamente cada dos a siete años, así que no tiene una periodicidad regular, y puede durar de doce a dieciocho meses. Aún no se sabe qué dispara y qué detiene al fenómeno del Niño ni al de la Niña.[1] La oscilación del sur, por tanto, es una fluctuación irregular interanual entre estados calientes oceánicos, conocido como el Niño, y fríos conocidos como la Niña (Contreras, 2016).

El Niño impacta el clima de México provocando mayor precipitación en invierno y escasez de lluvia en el verano. Durante el Niño, la cantidad de huracanes tiende a ser menor que el número usual en el golfo y Caribe, incremen-

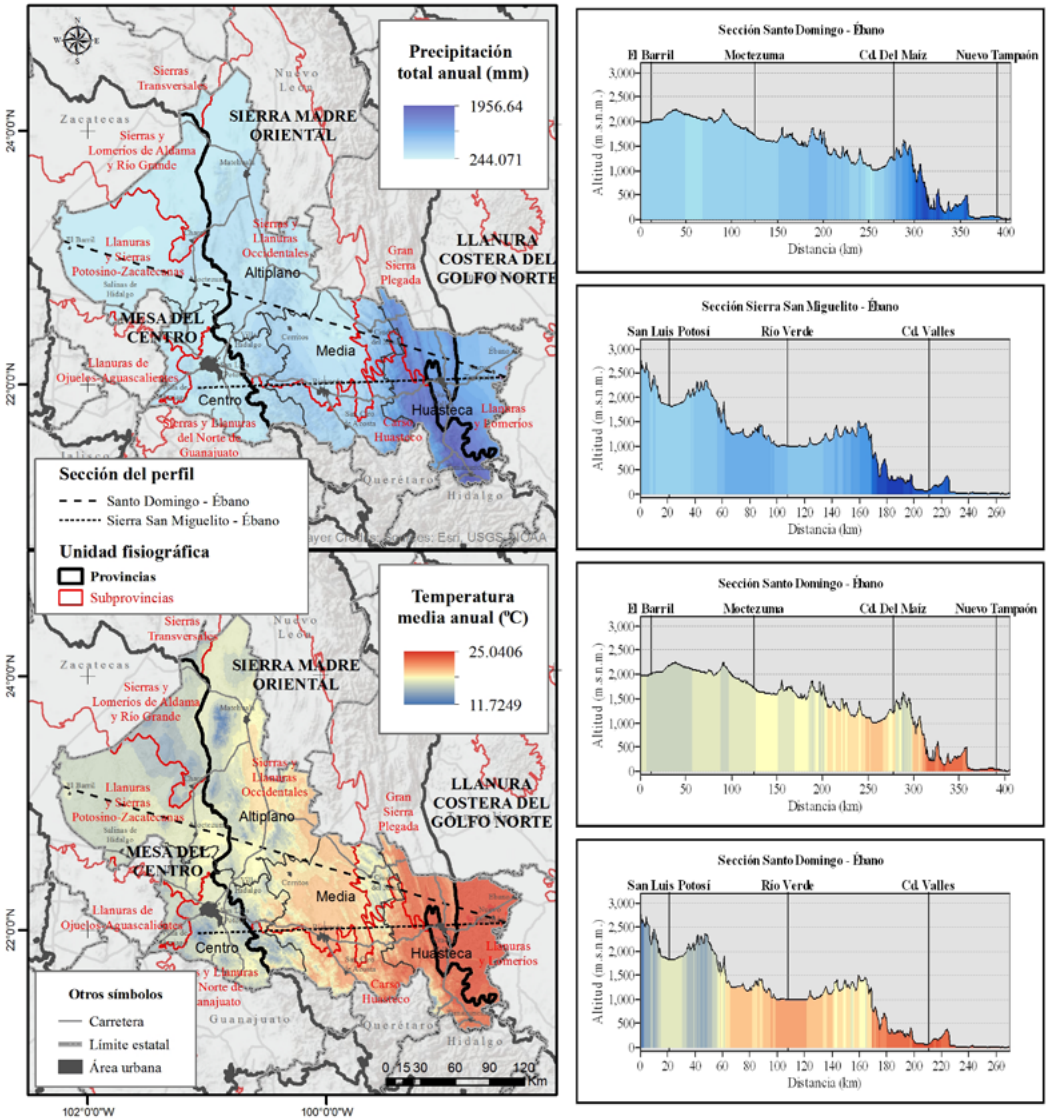
1 Véase <https://www.gob.mx/inecc/prensa/el-nino-la-nina-y-la-oscilacion-del-sur-57602>.

tándose en el Pacífico de México. Este fenómeno se liga con la disponibilidad de agua y las afectaciones a la producción agrícola y mortandad en la ganadería, ya que los pastos secos y la escasez de agua para beber incrementaban las epizootias (enfermedad en una región o localidad que ataca simultáneamente a una gran cantidad de individuos de una o varias especies de animales). Los inviernos con Niño resultan más fríos, mientras que los veranos con Niño son más secos (Contreras, 2016). Contreras establece una relación entre las grandes sequías de la región centro-norte del país con la presencia de eventos del Niño para el periodo comprendido entre 1868 y 1950.

Sobre dos perfiles altitudinales de corte oeste-este que atraviesan el estado, el primero desde el extremo oeste del municipio de Santo Domingo al extremo este de municipio de Ébano (de El Barril hasta Nuevo Tampaón) y el segundo desde la Sierra de San Miguelito hasta el mismo extremo del municipio de Ébano (desde San Luis Potosí hasta el extremo del estado, pasando por Ciudad Valles), se muestra la distribución de la precipitación y de la temperatura (figura 5.3). Puede verse de manera muy clara cómo al oeste, en el Altiplano, las precipitaciones anuales son bajas, y cómo se incrementan hacia el este del estado, alcanzando los mayores valores en la Sierra Madre Oriental. Con la temperatura sucede lo inverso. En ambos casos, el gradiente se corta abruptamente por la presencia de las zonas serranas. En la figura 5.4, sobre estos mismos perfiles, se muestra la distribución de los climas que se encuentran en San Luis Potosí. En este recorrido se puede observar la variabilidad altitudinal y climática asociada al estado.

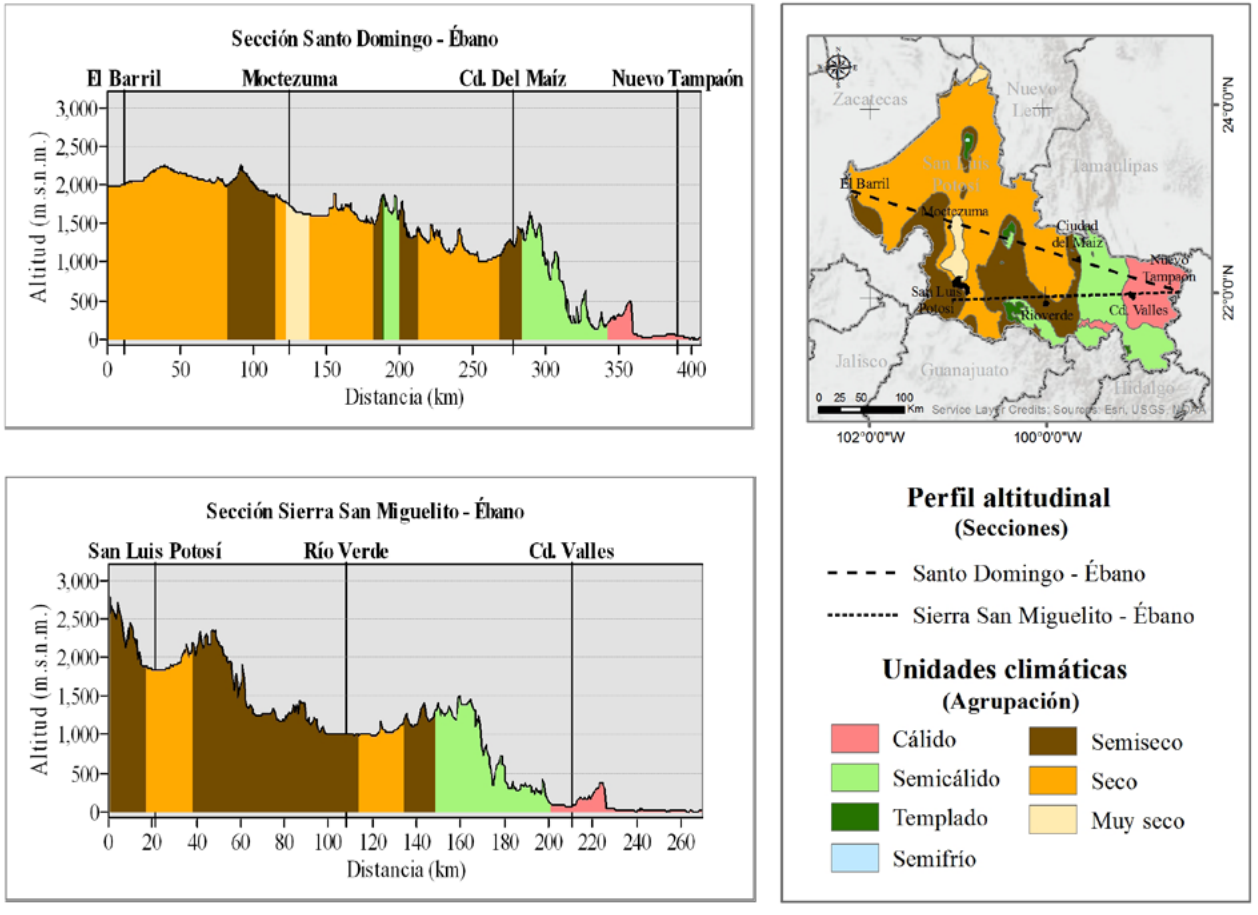
En conclusión, la ubicación del San Luis Potosí en el centro del país, aunada a sus marcadas diferencias altitudinales y topografía —zonas planas y zonas serranas—, favorece una diversidad climática y una gran variedad de condiciones de precipitación y temperatura. La variedad de condiciones ambientales propicia hábitats distintos que albergan comunidades particulares de plantas y animales. También ha dado origen a distintas culturas con formas de producción agropecuaria y uso de los recursos naturales muy distintas. Esta variación a lo largo de gradientes permite entender su riqueza florística, faunística y su diversidad cultural descrita a lo largo de esta obra.

Figura 5.3. Mapas de la distribución de la precipitación y la temperatura en las subprovincias fisiográficas a lo largo de dos perfiles altitudinales (línea rayada cruza de El Barril-Santo Domingo- hasta Nuevo Tampaón y línea punteada abarca desde San Luis Potosí hasta el extremo del estado pasando por Ciudad Valles) que cruzan el estado de San Luis Potosí.



Fuente: Cuervo-Robayo *et al.* (2013); Inegi (s.f.1; s.f.2). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Figura 5.4. Perfil altitudinal que se recorre a lo largo de dos transectos altitudinales de oeste a este en San Luis Potosí, con las unidades climáticas.



Fuente: Inegi (2008; s.f.2). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Referencias

Contreras Servín, C. (2016). "Las sequías en la región centro-norte de México. 1868-1950", en S. A. Cañedo y C. Radding (eds.), *Historia, medio ambiente y áreas naturales protegidas en el centro-norte de México. Contribuciones para la ambientalización de la historiografía mexicana, siglos XVIII-XXI*. México: El Colegio de San Luis, pp. 153-176.

Contreras Servín, C. (2019). "Clima", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 39-43.

Cuervo-Robayo, A. P., O. Téllez-Valdés, M. Gómez, C. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer (2013). "An Update of High-Resolution Monthly Climate Surfaces for Mexico", *International Journal of Climatology,* vol. 34. pp. 2427-2437. <http://idrisi.uaemex.mx/index.php?option=-com_content&view=article&layout=edit&id=8>.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Ibarra Zapata, E. (2019) "Superficie y relieve", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 21-24.

Inegi (2002). Síntesis de Información Geográfica del Estado de San Luis Potosí, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (2008). "Unidades climáticas. Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:1000000". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568>.

Inegi (s.f.1). "Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo nacional. Escala 1:1000000 Serie I". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f.2). "Continuo de elevaciones mexicano (cem 3.0). Resolución 30m". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.

Monroy Castillo, M. I. y T. Calvillo Unna (2010). *San Luis Potosí. Historia breve*. México: El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica.

CAPÍTULO 6
LA DISTRIBUCION ALTITUDINAL DEL SUELO, LA VEGETACIÓN Y LA FAUNA

Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Laura Yáñez Espinosa
Arturo De-Nova

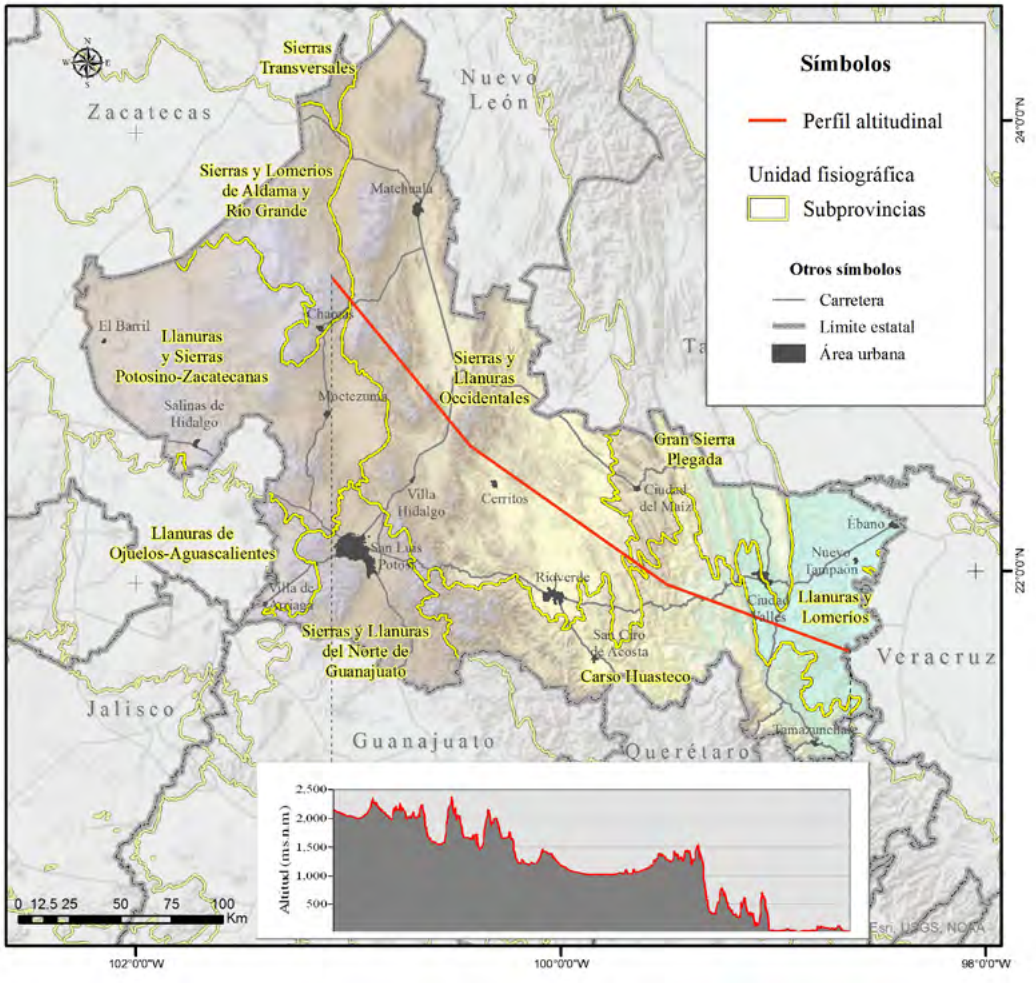
En el estado de San Luis Potosí, la convergencia de biota neártica y neotropical, además de sus condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas, han propiciado la presencia de una alta variedad de ecosistemas. Ello se refleja en las múltiples y ricas comunidades vegetales, que van desde los matorrales desérticos del Altiplano, pasando por los bosques templados, hasta los bosques tropicales estacionalmente secos y las selvas húmedas en la Huasteca (Rzedowski, 1965). Las comunidades de animales están asimismo determinadas por las condiciones ambientales de altitud sobre nivel del mar, clima y hábitat (los tipos de vegetación), por lo que el origen y afinidad de cada clase de vertebrados silvestres son una combinación de fauna neártica-neotropical en el centro del país.

Con el fin de conocer diferentes paisajes del estado de San Luis Potosí, se trazó un perfil altitudinal que recorre el estado de oeste a este, pasando por varias subprovincias geográficas (figura 6.1). En dicho perfil se dan a conocer las principales especies de plantas y animales que habitan en los diferentes paisajes que lo recorren, así como los tipos de suelo.

El perfil se inicia al occidente del estado en la subprovincia llamada Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, a través de los municipios de Catorce y Charcas, con elevaciones de 1 738 a 2 081 msnm. Esta subprovincia consta de una cadena de sierras orientadas más o menos norte-sur. La fisiografía es de terrenos planos y lomeríos de baja altura (figura 6.1), donde predomina el tipo de suelo calcisol y el matorral en muy diversos tipos (figura 6.2), como crasicaule, micrófilo, rosetófilo y submontano (figura 6.3), que ocupan el 96 % de la subprovincia. El matorral crasicaule es el tipo de vegetación dominado fisonómicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos.

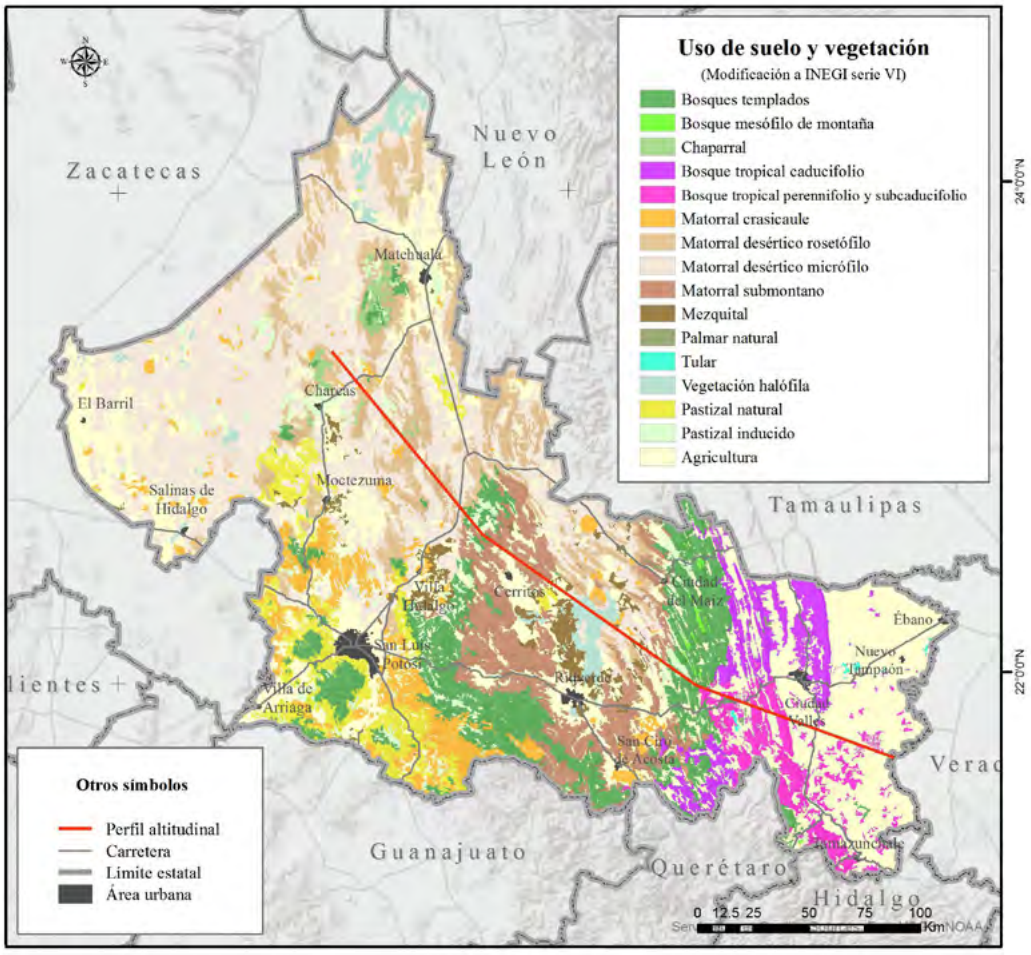
El matorral desértico micrófilo agrupa las comunidades en que las plantas dominantes son arbustos de hoja o foliolo pequeño. El matorral rosetófilo está compuesto por plantas suculentas y generalmente espinosas, cuyas hojas están dispuestas en forma de roseta; los géneros representativos son *Agave, Hechtia, Dasylirion* y *Yucca*. El matorral submontano está constituido por arbustos altos o árboles bajos, generalmente deciduos por un corto periodo, siendo de composición florística netamente neotropical (Rzedowski, 1965).

Figura 6.1. Perfil altitudinal en el estado de San Luis Potosí a lo largo del cual se hará un recorrido ejemplificando la flora, la fauna, y el suelo. Se indican las subprovincias fisiográficas.



Fuente: Inegi (s.f.1; s.f.2). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Figura 6.2. Cambios de tipos de vegetación que se presentan a lo largo del perfil altitudinal en el estado de San Luis Potosí.



Fuente: Inegi (2016), modificado por Arturo De-Nova, basado en Rzedowski (1965). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Las principales especies de plantas presentes en el matorral en general son la gobernadora (*Larrea tridentata;* figura 6.4a), el mezquite (*Neltuma laevigata;* figura 6.4b), la lechuguilla (*Agave lechuguilla;* figura 6.4c) y palmas desérticas (*Yucca filifera* y *Y. carnerosana;* figura 6.4d), así como numerosas especies de cactus (Rzedowski, 1965). De las cactáceas, una de las más conocidas es el peyote (*Lophophora williamsii;* figura 6.5), utilizada por los indígenas huicholes en sus rituales ancestrales y usada también como medicinal. Su uso está prohibido por las leyes mexicanas por el efecto alucinógeno de uno de los compuestos que posee, la mezcalina (Rojas-Aréchiga y Flores, 2016).

Figura 6.3. Paisajes desérticos con vegetación de matorral: a) crasicaule; b) micrófilo, c) rosetófilo y d) submontano.

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil (a y c), Joel Flores Rivas (b y d).

Figura 6.4. Principales especies de plantas en la región: a) gobernadora (*Larrea tridentata*); b) mezquite (*Neltuma laevigata*); c) lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y d) palma desértica (*Yucca filifera*).

Fotos: Joel Flores Rivas (a, b, c), Gerardo Sánchez Vigil (d).

Figura 6.5. Individuo de peyote (*Lophophora williamsii*).

Foto: Joel Flores Rivas.

En la región también se pueden encontrar cactáceas en categoría de riesgo, como la biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus;* figura 6.6a) y la biznaga roja (*Ferocactus pilosus;* figura 6.6b), entre otras.

Figura 6.6. Cactáceas en categoría de riesgo: a) biznaga burra *(Echinocactus platyacanthus)* y b) biznaga roja *(Ferocactus pilosus).*

Foto: Joel Flores Rivas.

Respecto a la fauna en esta provincia biótica del Altiplano mexicano, habitan especies propias de los ecosistemas áridos y semiáridos adaptadas a las condiciones de aridez y sequía durante la mayor parte del año, ya que el agua es el principal factor limitante. Las especies de vertebrados silvestres y sus poblaciones deben enfrentar la escasez o falta de agua y las altas temperaturas durante largos periodos en que los cambios entre el día y la noche son muy acentuados. Por ello, los animales de esta región han desarrollado estrategias en cuanto a su actividad y adaptaciones de comportamiento que les permiten sobrevivir ante las difíciles condiciones ambientales (Conabio, 2019).

Al depender del agua, los peces y anfibios (que realizan todo su ciclo vital o gran parte de él en el agua) son los animales que más limitados están en los ecosistemas de esta subprovincia. Las poblaciones de la mayoría de sus especies dependen directa o indirectamente del agua y por tanto fluctúan a lo largo del año (capítulo 7, "La fauna"). Esta región del estado se caracteriza por

el alto grado de endemismo (con distribución limitada o exclusiva) en cuanto a las especies de su herpetofauna (anfibios y reptiles), y menor riqueza o número de especies respecto a las otras dos provincias bióticas.

Algunas de las especies de vertebrados tetrápodos, es decir, con cuatro miembros o patas (algunas especies en categoría de riesgo) que habitan en esta zona del territorio estatal son las siguientes:

En el grupo de los anfibios habita una especie pequeña, que es la ranita de las rocas (*Dryophytes arenicolor*), de coloración gris verdosa, cuerpo compacto, con ventosas en los dedos; habita en sitios pedregosos cerca de charcas estacionales en las cuales se reproduce después de las lluvias (figura 6.7).

Entre los reptiles, predominan las comunidades de lagartijas espinosas de collar (del género *Sceloporus*); también son comunes los lagartos espinosos o falsos camaleones del género *Phrynosoma* (*P. modestum;* figura 6.8), varias especies de culebras y algunas especies de serpientes venenosas. Entre ellas destaca la víbora de cascabel de diamantes (*Crotalus atrox;* figura 6.9), una de las de mayor tamaño del género y con amplia distribución en los matorrales desérticos del Altiplano.

Figura 6.7. Ranita de las rocas *(Dryophytes arenicolor).*

Foto: Guillermo Martínez de la Vega.

Figura 6.8. Lagarto cornudo espinoso *(Phrynosoma modestum)*.

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.9. Cascabel de diamantes *(Crotalus atrox)*.

Foto: <Herp.mx>.

Al igual que otros vertebrados en el Altiplano, las aves dependen de manera importante de las condiciones ambientales y de los tipos de ecosistemas disponibles. Las aves que habitan en esta región se conforman por especies generalmente bien adaptadas para lograr sobrevivir y reproducirse ante las condiciones desérticas. Algunos ejemplos son las codornices, el correcaminos, las palomas y tórtolas, el pradero del oeste (*Sturnella neglecta;* figura 6.10); gran cantidad de especies pequeñas de pájaros (*passeriformes*) entre ellas la alondra cornuda (*Eremophila alpestris;* figura 6.11), aves carroñeras (aura, zopilote) y de presa (aguilillas, águila real, halcón peregrino), el tecolotito llanero (*Athene cunicularia;* figura 6.12) y el carpintero desértico mexicano (*Picoides scalaris;* figura 6.13).

Figura 6.10. Pradero del Oeste (*Sturnella neglecta*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.11. Alondra cornuda *(Eremophila alpestris).*

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.12. Tecolotito llanero *(Athene cunicularia).*

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.13. Carpintero desértico mexicano *(Picoides scalaris)*.

Foto: Jaime Luévano Esparza.

Los mamíferos destacados de esta zona son generalmente animales de tamaño pequeño a mediano; e, igual que otros animales, están adaptados para sobrevivir en condiciones ambientales extremas de aridez y temperatura. En general, las comunidades están formadas por roedores (ratones, ratas canguro y ratas magueyeras, lagomorfos —conejos y liebres—), murciélagos y algunos carnívoros pequeños a medianos (comadreja, zorrillos, tejón, gato montés, coyote). Dos de las especies notables por su importancia en la sucesión vegetal al remover suelo, transportar y consumir semillas son el ratón de abazones (*Chaetodipus nelsonii;* figura 6.14), en gran parte de este territorio; y en las colonias del norte del altiplano (Cedral y Vanegas), es la ardilla terrestre denominada perro llanero mexicano (*Cynomys mexicanus;* figura 6.15), la cual habita en madrigueras extensas que forman una red a modo de colonias (Martínez de la Vega *et al*., 2016; 2019; 2023).

Figura 6.14. Ratón de abazones *(Chaetodipus nelsonii).*

Foto: Armando Cardona Arceo.

Figura 6.15. Perrito llanero *(Cynomys mexicanus).*

Foto: Jaime Luévano Esparza.

Siguiendo el perfil, se encuentra la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales, específicamente en los municipios de Villa de Guadalupe, Guadalcázar y Cerritos, con elevaciones de 1 393 a 1 737 msnm. En esta subprovincia existe una especie de red de sierras en las que predominan rocas calizas, orientadas norte-sur. Entre las sierras hay espacios planos (llanuras) cubiertos de aluvión.

Esta subprovincia se caracteriza por presentar leptosoles (38 %) y calcisoles (25 %) como tipos de suelo más comunes y matorral como vegetación dominante del paisaje (75 %). Las especies vegetales son similares a las que se encuentran en la subprovincia anterior en las partes planas, pero aquí se encuentran especies de matorral submontano que ocupan las partes hacia el pie de montaña, como la barreta (*Hellieta parvifolia;* figura 6.16a), la palma desértica endémica del estado (*Yucca potosina;* figura 6.16b) y el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans;* figura 6.17a). Además, hay numerosas especies de cactáceas pequeñas que se encuentran en categoría de riesgo, como el bonete de obispo (*Astrophytum myriostigma;* figura 6.17b), el chaute (*Ariocarpus trigonus;* figura 6.18a) y las uñitas (*Turbinicarpus* spp.; figura 6.18b), entre otras (Rzedowski, 1965).

Figura 6.16. Especies presentes en el matorral submontano: a) barreta *(Hellieta parvifolia)* y b) palma desértica endémica del estado *(Yucca potosina)*.

Fotos: © Paola Garcini (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/17259989> (a); Joel Flores Rivas (b).

Figura 6.17. Especies presentes en el matorral submontano. a) garambullo *(Myrtillocactus geometrizans)* y b) bonete de obispo *(Astrophytum myriostigma)*.

Fotos: © Miguel A. Chavez Caballero (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/38415673> (a); Joel Flores Rivas (b).

Figura 6.18. Especies presentes en el matorral submontano. a) chaute *(Ariocarpus trigonus)* y b) uñita *(Turbinicarpus saueri subsp. knuthianus)*.

Fotos: Joel Flores Rivas.

En el municipio de Guadalcázar se encuentra la región conocida como El Huizache, considerada como única en el mundo por albergar la mayor densidad de especies de cactáceas. En una superficie de 2 855 km² donde se encuentran al menos 75 especies de cactáceas, razón por la cual en 1997 fue declarada área protegida a nivel estatal, con el nombre de Área Natural Protegida del Real de Guadalcázar (Hernández *et al*., 2001). En el capítulo 9 ("La conservación de la biodiversidad") puede verse un mapa con su localización.

A continuación de la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales hacia el oriente, el perfil pasa por la subprovincia Gran Sierra Plegada, específicamente por Ciudad del Maíz, con elevaciones de 1 049 a 1 737 msnm. Las sierras pliegue son los sistemas de topoformas representativos de esta zona. Hay también valles intermontanos, como el de la población Ciudad del Maíz que tiene asociados lomeríos, y una meseta de malpaís (lava escoriácea) al este de la localidad El Meco (Rzedowski, 1965).

En esta subprovincia son frecuentes los suelos de tipo leptosol (71 %). La vegetación más representativa son los encinares, los cuales se caracterizan por tener dominancia de especies de encino (*Quercus* spp.; figura 6.19a); los bosques de encino-pino, que se reconocen por tener una mezcla de especies de encinos y pinos (*Quercus* spp. y *Pinus* spp.; figura 6.19b); los pinares, caracterizados por tener dominancia de especies de pino (*Pinus* spp.; figura 6.20a) y los bosques de niebla o bosques mesófilos de montaña (figura 6.20b), compuestos por árboles siempre verdes cubiertos de líquenes, musgos, bromelias y orquídeas con flores de brillantes colores, así como por hermosos y gigantescos helechos arborescentes, envueltos en una neblina casi permanente. Es el ecosistema con mayor biodiversidad por unidad de área en el país y sin embargo es uno de los bosques tropicales más amenazados del mundo. En este bosque son comunes el copalillo (*Liquidambar styraciflua*) y los encinos de varias especies (*Quercus* spp.).

En cuanto a los animales, las comunidades de vertebrados que habitan en los bosques templados de esta región se caracterizan por una diversidad media pero mayor que en el Altiplano, con representantes afines tanto neárticos como neotropicales propios de la Sierra Madre Oriental, mencionadas más adelante. En cuanto a la herpetofauna, dominan anfibios y reptiles arborícolas como las ranitas de las bromelias, las lagartijas y culebras. La ornitofauna (aves) está conformada por una gran variedad de especies pequeñas de pájaros (*passeriformes*) de amplio espectro ecológico en sus hábitos de alimentación:

insectívoras, frugívoras, granívoras, etc. Hay una riqueza de nectarívoros (colibríes), aves coloridas como los psitaciformes (loros y guacamayos), hasta aves de presa (halcones y águilas). Por último, los mamíferos son un grupo también heterogéneo en esta provincia, y la mayoría son especies pequeñas como las musarañas, murciélagos, ratones y ardillas arborícolas. También habitan carnívoros de pequeños a medianos que representan una comunidad importante en este grupo. Ejemplo de ello son las comadrejas, zorrillos y felinos como el gato montés y el puma (Martínez de la Vega *et al.*, 2016; 2019; 2023).

Figura 6.19. Vegetación templada. a) Encinar y b) Bosque de pino-encino.

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil.

Figura 6.20. Vegetación templada. a) Pinar o bosque de pino y b) Bosque de niebla.

Fotos: Pedro Castillo Lara (a), Javier Fortanelli Martínez (b).

Al sur de la subprovincia Gran Sierra Plegada se encuentra la subprovincia Carso Huasteco, y el perfil cruza por los municipios de Alaquines, Tamasopo, Ciudad Valles y Aquismón, con elevaciones de 705 a 1 048 msnm. Es, en gran parte, una sierra plegada como su vecina del norte-centro (la Gran Sierra Plegada), pero difiere de ésta en dos aspectos. Por un lado, presenta un fuerte grado de disección, inclusive desarrollo de cañones por la acción de los ríos que fluyen en ella hacia el oriente, y por otro, un mayor grado de expresión de rasgos propios de un carso, en contraste con todo el resto de la provincia. El carso es una región de rocas solubles en el agua, en este caso calizas, en las que se producen pozos y depresiones (dolinas), y grutas e infiltración del agua al subsuelo. Los factores microclimáticos de las dolinas generan un ambiente diferente, rico en humedad y con temperaturas comúnmente más bajas que las presentes en regiones tropicales. Estas condiciones provocan cambios bruscos en la composición física y química del suelo, que presenta altas concentraciones de nutrientes (Quintero-Ruiz *et al.*, 2019). Las aguas infiltradas emergen en manantiales de la base de la sierra sobre la Llanura Costera del Golfo Norte.

Esta subprovincia está constituida casi en su mayor parte por sierras, y sólo se encuentran algunos cañones, valles y llanuras. Se caracteriza por presentar suelos leptosoles predominantemente (68 %). En esta región dominan los bosques (30 %) y las selvas tropicales (24 %); sobresalen los árboles de chaca (*Bursera simaruba;* figura 6.21a), aguacatillo (*Ocotea tampicensis;* figura 6.21b), mocoque (*Pseudobombax ellipticum;* figura 6.22a), aquiche (*Guazuma ulmifolia;* figura 6.22b) y soyate (*Beaucarnea inermis;* figura 6.23), así como los arbustos de chamal (*Dioon edule;* figura 6.24a), palma (*Brahea dulcis;* figura 6.24b) y anonilla (*Annona globiflora;* figura 6.25a). En menor porcentaje se encuentran los palmares (1 %) de *Sabal mexicana* (figura 6.25b) y la vegetación halófila, que es la que se desarrolla en suelos con altos contenidos de sales (1 %). También existe una gran cantidad de vegetación secundaria (36 %) proveniente de diferentes tipos de vegetación (Rzedowski, 1965).

Las comunidades animales que habitan en la provincia de la Sierra Madre Oriental están formadas por especies cuyo origen y afinidad son mixtos, ya que algunas provienen de la región neártica del norte del continente e interactúan con otras de la región neotropical de Sudamérica. Si bien esta zona transicional entre las otras provincias del Altiplano y la Planicie Costera no contiene un alto endemismo, sí es la que posee la mayor diversidad de fauna en cuanto a su riqueza o número de especies de todas las clases de vertebrados.

Figura 6.21. Especies arbóreas de selvas tropicales. a) chaca (*Bursera simaruba*) y b) aguacatillo (*Ocotea tampicensis*).

Fotos: © Salvador Luna Vargas (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/45184043 > (a); © Juan Cruzado Cortés (cc-by-sa), en naturalista, <https://colombia.inaturalist.org/observations/3387177> (b).

Figura 6.22. Especies arbóreas de selvas tropicales. a) mocoque (*Pseudobombax elipticum*) y b) aquiche (*Guazuma ulmifolia*).

Fotos: Arturo De-Nova (a); © Christian Grenier (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/19973355> (b).

Figura 6.23. Especie arbórea de selva tropical, soyate *(Beaucarnea inermis)*.

Foto: Arturo De-Nova.

Figura 6.24. Especies arbustivas de selvas tropicales: a) chamal *(Dioon edule)*; b) palma *(Brahea dulcis)*.

Fotos: Laura Yáñez Espinosa (a); © Sergio Niebla (cc-by-nc-sa), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/37074057> (b).

Figura 6.25. Especies arbustivas de selvas tropicales: a) anonilla (*Annona globiflora*); b) palma (*Sabal mexicana*).

Fotos: © Marco Zozaya (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/64494808> (a); © BJ Stacey (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/2601866> (b).

Los bosques tropicales o selvas son muy diversos en cuanto a otros tipos de vegetación, así que esta provincia destaca por la riqueza en tetrápodos. La máxima variedad en fauna la posee el bosque de niebla, que, no obstante su pequeña extensión y estar fragmentado, tiene condiciones ambientales (altitud, clima, alimento, cobertura vegetal) que favorecen encontrar en él a la comunidad de vertebrados más diversa del estado. En esta región serrana muchas de las especies animales están consideradas en alguna categoría de riesgo. Algunas de sus especies son anfibios, como la pequeña ranita denominada calate arborícola (*Rheohyla miotympanum;* figura 6.26), y entre los reptiles destaca la lagartija abaniquillo punto azul (*Anolis sericeus;* figura 6.27).

La clase de las aves está representada en esta región por múltiples especies vistosas y coloridas de variados tamaños y gremios tróficos. Se encuentran desde aves pequeñas, como el azulejo garganta canela (*Sialia sialis*; figura 6.28), una amplia variedad de otros pájaros insectívoros, o bien granívoros como el picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*; figura 6.29), frugívoros como las vistosas oropéndolas, y los abundantes y diminutos nectarívoros como el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*; figura 6.30).

Figura 6.26. Calate arborícola (*Rheohyla miotympanum*).

Foto: Guillermo Martínez de la Vega.

Figura 6.27. Lagartija abaniquillo punto azul (*Anolis sericeus*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 6.28. Azulejo garganta canela (*Sialia sialis*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.29. Picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.30. Colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*).

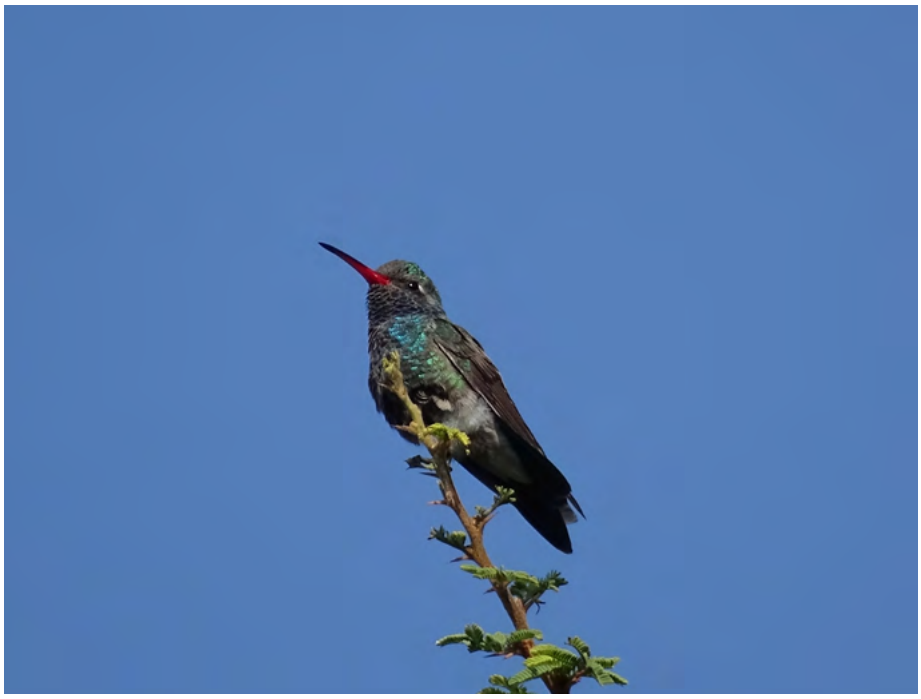


Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Los mamíferos son una clase también muy diversa en órdenes y riqueza de especies en esta provincia debido a las causas ya mencionadas (factores ambientales y encuentro o mezcla de especies neárticas y neotropicales). Esto da como resultado una comunidad mastofaunística con alta diversidad y mediano endemismo (número de taxones y especies exclusivas). Las comunidades de estos animales están dominadas por especies pequeñas, como son los roedores y los murciélagos, así como algunas especies de tamaño medio, varias de ellas en estatus de riesgo. Dos especies frecuentes en los bosques de esta región son los ratones *Heteromys irroratus* (figura 6.31a) y *Peromyscus difficilis* (figura 6.31b).

Al oriente del estado, se encuentra la subprovincia llamada Llanuras y Lomeríos, y el perfil pasa por los municipios de Ciudad Valles, Tanlajás y San Vicente Tancuayalab, en altitudes de 16 a 704 msnm. Esta subprovincia se caracteriza por tener mayoría de suelos vertisoles (63 %). El término *vertisol* deriva del vocablo latino *vertere*, que significa 'verter' o 'revolver', haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables. Este suelo se hincha en época de lluvias, y se seca y agrieta en época de secas,

por lo que se vuelve muy duro en la estación seca y muy plástico en la húmeda. La mayor parte de la vegetación de este paisaje está perturbada (87 %). Existen pequeñas porciones que pertenecen a vegetación de suelos salinos, llamada halófila (9 %), así como también selvas (4 %). Algunas de las especies de plantas predominantes son los árboles de ojite (*Brosimum alicastrum;* figura 6.32a), quebrache (*Aphananthe monoica;* figura 6.32b), cedro (*Cedrela odorata;* figura 6.33a) y volantín (*Zuelania guidonia;* figura 6.33b).

La Planicie Costera es la provincia donde los animales vertebrados en general han sido más afectados por los cambios de uso del suelo, principalmente el desmonte de la vegetación que ocasiona pérdida de hábitat. Los bosques tropicales o selvas son de los tipos de vegetación más diversos en plantas y animales y por ello aún las comunidades de muchas especies de fauna se mantienen en fragmentos y corredores. Son frecuentes las especies de animales arborícolas, así como las especies asociadas a vegetación riparia (en las orillas de ríos y lagunas) y en los cuerpos de agua; varias de ellas están en categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010.

Especies representativas de la fauna son, entre los anfibios, el sapo de madriguera (*Rhinophrynus dorsalis;* figura 6.34) y entre los reptiles es posible encontrar a la tortuga caja mexicana (*Terrapene mexicana*; figura 6.35) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) como especie protegida (figura 6.36).

Figura 6.31. Especies de ratones: a) ratón espinoso mexicano (*Heteromys irroratus*), b) ratón de las rocas (*Peromyscus difficilis*).

Fotos: Armando Cardona Arceo.

Figura 6.32. Plantas tropicales de la subprovincia Llanuras y Lomeríos: a) árbol de ojite *(Brosimum alicastrum)*; b) quebrache *(Aphanante monoica)*.

Fotos: © conanpsursinaloa (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/1757935> (a); © Juan Cruzado Cortés (cc-by-sa), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/3632941> (b).

Figura 6.33. Especies de plantas tropicales de la subprovincia Llanuras y Lomeríos: a) cedro *(Cedrela odorata)*; b) volantín *(Zuelania guidonia)*.

Fotos: María Alejandra González (cc-by-nc-sa), en <https://www.naturalista.mx/observations/208543> (a); © Neptalí Ramírez Marcial (cc-by), en <https://www.naturalista.mx/observations/4612933> (b).

Figura 6.34. Sapo de madriguera (*Rhinophrynus dorsalis*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 6.35. Tortuga caja mexicana (*Terrapene mexicana*).

Fotos: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 6.36. Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*).

Fotos: Guillermo Espinosa Reyes.

Esta provincia mantiene comunidades muy diversas de aves. En ella habitan especies muy coloridas y de grupos que cumplen funciones importantes en la sucesión de la vegetación tropical al polinizar plantas, consumir frutos, dispersar semillas, controlar insectos y roedores, etc. Entre las especies más llamativas por su plumaje vistoso encontramos loros, cotorras y guacamayas, la tucaneta esmeralda (*Aulacorhynchus prasinus*); los crácidos representados por la chachalaca (*Ortalix vetula*) y el hocofaisán (*Crax rubra*; figura 6.37); algunas aves de presa como la aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*; figura 6.38), entre una amplia comunidad de ornitofauna (véase el capítulo 7, "La fauna").

Entre los mamíferos comunes en la región tropical, se encuentran roedores, murciélagos, carnívoros como los mustélidos (comadreja, zorrillos, grisón y viejo de monte), felinos (jaguarundi, ocelote, tigrillo, puma y jaguar) y herbívoros ungulados como el venado cola blanca, el venado temazate y el jabalí de collar (Martínez de la Vega *et al.*, 2016; 2019; 2023). Se encuentran también dos especies de murciélagos importantes por su relación con la ecología de las comunidades vegetales, con otros mamíferos y con el ganado doméstico. Éstos son el murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*; figura 6.39) que consu-

Figura 6.37. Hocofaisán (*Crax rubra*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 6.38. Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

me frutos y dispersa semillas de muchas plantas, y el murciélago hematófago o vampiro (*Desmodus rotundus;* figura 6.40) que interactúa con el ganado y el ser humano. Este último es un riesgo para ambos por ser vector potencial que transmite la rabia, que en el ganado se denomina derrengue o rabia paralítica bovina.

En términos generales las comunidades de animales a lo largo del perfil analizado varían en función de la altitud, latitud y longitud geográficas. En la mayoría de los grupos de vertebrados, la diversidad y endemismo de especies presentan un patrón en dirección noroeste-sureste: el número de especies (riqueza) aumenta, mientras que disminuye el porcentaje de las que son exclusivas. Dos ejemplos claros de esto se observan en la gran riqueza de aves (ornitofauna) que se presenta en el municipio de Xilitla, y el alto endemismo de anfibios y reptiles (herpetofauna) exclusivos que posee el municipio de Guadalcázar (Conabio, 2019).

Figura 6.39. Murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*).

Foto: Ignacio Amezcua Osorio.

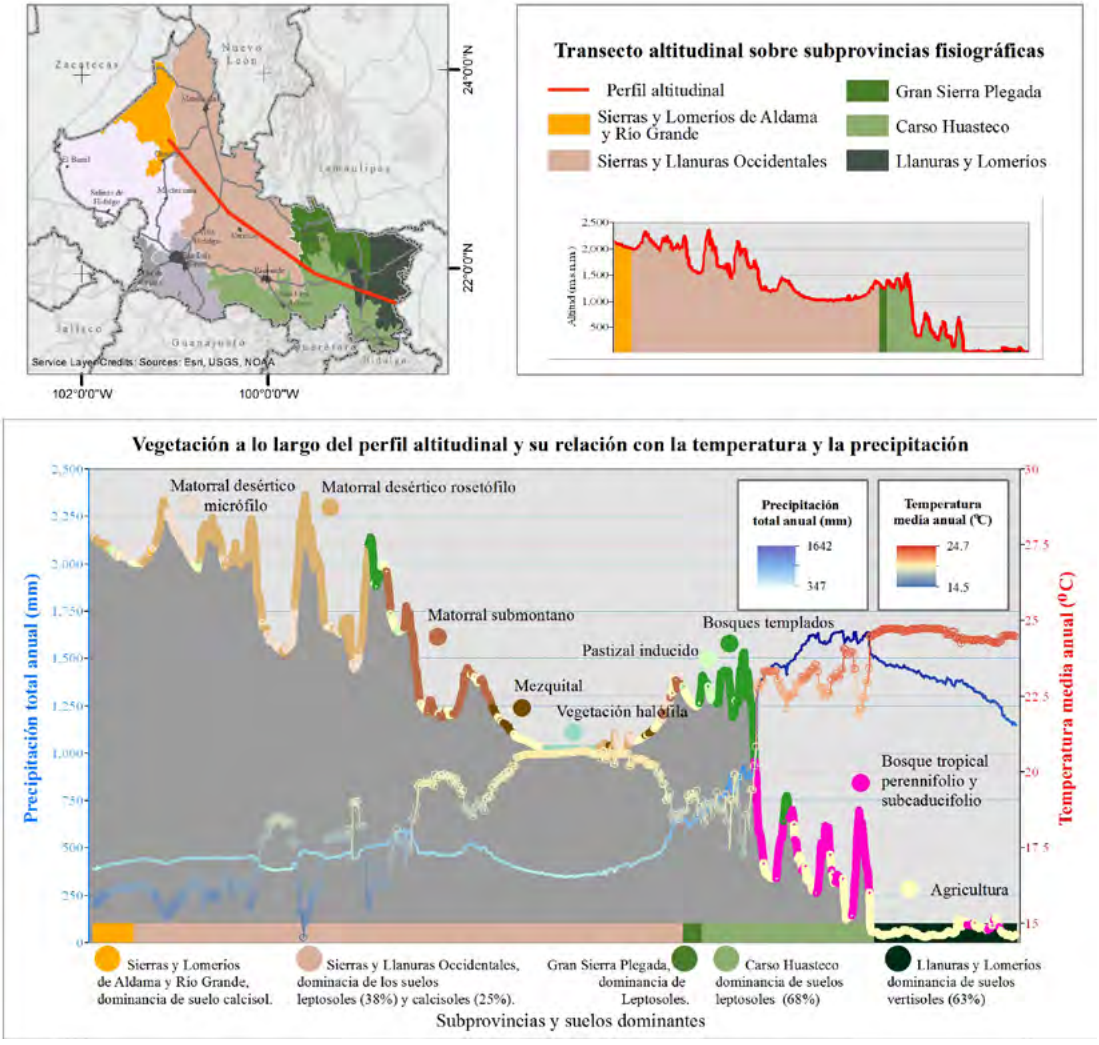
Figura 6.40. Murciélago hematófago o vampiro (*Desmodus rotundus*).

Foto: Ignacio Amezcua Osorio.

A manera de resumen, puede apreciarse que la biota del estado, representada por los grupos y especies de plantas y animales, y los ecosistemas mismos, es muy diversa y diferente en cada una de las tres provincias. Esto se debe a las condiciones ambientales de altitud, suelo, relieve, clima y tipos de vegetación mostrada en cada zona ecológica a lo largo del perfil. La vegetación y la fauna se muestran como un mosaico heterogéneo de comunidades con especies propias y distintivas de cada región.

El perfil altitudinal representa una pequeña muestra de la amplia y compleja diversidad biológica que exhibe el estado en cuanto a sus recursos vivos, patrimonio natural importante con relaciones estrechas entre los grupos de organismos, que mantienen la composición, estructura y balance de los ecosistemas de San Luis Potosí. La figura 6.41 muestra la distribución de la vegetación a lo largo del perfil altitudinal y de las provincias fisiográficas del estado

Figura 6.41. Perfil altitudinal que cruza el estado de San Luis Potosí, desde el occidente del estado en la subprovincia llamada Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, a través de los municipios de Catorce y Charcas, hasta el oriente del estado, en la subprovincia llamada Llanuras y Lomeríos cruzando los municipios de Ciudad Valles, Tanlajás y San Vicente Tancuayalab. Se puede observar el perfil altitudinal que abarca desde casi el nivel del mar hasta más de 2 000 msnm, a lo largo del cual se modifican la temperatura y la precipitación, así como los tipos de vegetación y los suelos predominantes.



Fuente: Cuervo-Robayo *et al.* (2013); Inegi (s.f.1; s.f.2; 2016). Edición: Roberto C. Monroy Ibarra.

con los tipos de uselo dominantes en cada una de ellas, así como su relación con la precipitación y la temperatura.

El perfil altitudinal y la geología subyacente dan lugar a una gran variedad de climas, en los que la conjunción de flora y fauna neártica y neotropical pueden encontrarse. El Desierto del Altiplano es la parte sur del Desierto Chihuahuense y permite la entrada de la flora y fauna de las regiones más secas y áridas; la Sierra Madre Oriental irrumpe a través del estado y conecta el norte y sur del país, actuando como un corredor para bosques, selvas y matorrales y su fauna acompañante. Las zonas bajas tropicales se prolongan por las planicies costeras y albergan las selvas secas y húmedas, además de los animales que viven de y en ellas. El patrimonio biológico de San Luis Potosí se extiende a través de este perfil altitudinal, siendo la base de las culturas que ahí vivieron y siguen viviendo y del uso tradicional de los recursos que les dieron sustento, que conocen y actualmente aprovechan las comunidades humanas locales. Hoy es la base de su desarrollo minero y agropecuario, pero también la biodiversidad es el patrimonio natural de comunidades vegetales, de plantas y de animales que representan su futuro frente a un clima incierto y cambiante.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los amigos y colegas que amablemente proporcionaron fotografías para ilustrar el capítulo: Gerardo Sánchez Vigil, Guillermo Espinosa Reyes, José Romeo Tinajero Hernández, Armando Cardona Arceo, Jaime Luévano Esparza, Pedro Castillo Lara, Javier Fortanelli Martínez, Carlos Castañeda Hernández, Ignacio Amezcua Osorio. Al pie de cada imagen se da el crédito correspondiente a su autor. Se agradece a Roberto C. Monroy Ibarra la elaboración de los mapas.

La clasificación, taxonomía y nomenclatura de las especies de fauna están actualizadas hasta junio de 2023, fecha en la cual los autores entregaron la última revisión. Los posibles cambios ocurridos en los nombres científicos de entonces a la fecha actual no son, por tanto, responsabilidad de los autores de este capítulo.

Referencias

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2019). *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [Dos volúmenes].

Cuervo-Robayo, A. P., O. Téllez-Valdés, M. Gómez, C. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer (2013). "An Update of High-Resolution Monthly Climate Surfaces for Mexico", *International Journal of Climatology,* <http://idrisi.uaemex.mx/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=8>.

Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa y R. T. Bárcenas (2001). "Diversity, Spatial Arrangement, and Endemism of Cactaceae in the Huizache Area, a Hot-Spot in the Chihuahuan Desert", *Biodiversity & Conservation,* núm. 10, pp. 1097-1112.

Inegi (2016). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie vi (continuo nacional)". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f.1). "Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo nacional. Escala 1:1000000 Serie I". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f.2). "Continuo de elevaciones mexicano (cem 3.0). Resolución 30m". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.

Martínez de la Vega, G., G. García-Marmolejo, J. Luévano-Esparza, R. García-Morales, C. E. Rangel-Rivera y J. A. Ascanio-Lárraga (2016). "La mastofauna en San Luis Potosí: conocimiento, diversidad y conservación", en M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas y J. E. Sosa-Escalante (eds.), *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología / Asociación Mexicana de Mastozoología / Universidad de Guanajuato, pp. 367-404.

Martínez de la Vega, G., G. E. Quintero-Díaz, J. Vázquez-Díaz y O. O. R. Martínez (2019). "Biodiversidad del humedal Media Luna", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado*, vol. ii. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 73-78.

Martínez de la Vega, G. (2023). *Mamíferos de San Luis Potosí*. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Quintero-Ruiz, J. R., L. Yáñez-Espinosa, J. Flores, J. Fortanelli, A. De-Nova, H. Reyes-Hernández y J. P. Rodas-Ortiz (2019). "Analysis of the Soil and Microclimate Relationship in Two Dolines of Carso Huasteco, Mexico", *JNRD-Journal of Natural Resources and Development*, núm. 9, pp. 25-33.

Rojas-Aréchiga, M y J. Flores (2016). "An Overview of Cacti and the Controversial Peyote", en B. C. Labate y C. Cavnar (eds.), *Peyote: History, Tradition, Politics, and Conservation.* Santa Bárbara, Cal.: Praeger, pp. 21-42.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina,* núm. 5, pp. 5-291.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). "Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010. Protección ambiental —Especies nativas de México de flora y fauna silvestres—. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio —Lista de especies en riesgo", *Diario Oficial de la Federación*, segunda sección, jueves 30 de diciembre de 2010.

CAPÍTULO 7
LA FAUNA

Guillermo Martínez de la Vega
Tania Ramírez-Valverde
Rubén Alonso Carbajal-Márquez
José Romeo Tinajero Hernández

La fauna silvestre es el conjunto de los animales de vida libre que no dependen del control directo del hombre. Interactúan, se adaptan y evolucionan en el tiempo y en espacio a las condiciones ambientales y se agrupan en comunidades ecológicas en los lugares donde habitan.

Es común que el término *fauna* se refiera sólo a las clases de vertebrados terrestres (tetrápodos —que tienen cuatro extremidades—, con esqueleto óseo interno), y no incluya ni a los peces ni a los grupos de invertebrados (animales sin esqueleto, con cubierta externa endurecida: crustáceos, moluscos, miriápodos, arácnidos e insectos). Sin embargo, en sentido estricto, y para fines de divulgación en este capítulo, se considera como fauna a todos los animales silvestres que habitan en el estado. La disciplina biológica que se ocupa de ellos es la zoología, con ramas especializadas dedicadas a cada una de las clases de invertebrados como de vertebrados. Todas las especies de animales son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas de los que el hombre depende, y además mantienen múltiples interacciones con otros organismos.

Es frecuente que al hablar de fauna se tenga como referencia a las especies que se encuentran bajo amenazas o en categoría de riesgo, por ser muy llamativas y carismáticas para la gente; el tema se trata en otro apartado posterior de la obra (capítulo 11, "Especies en riesgo"). En este capítulo se muestra un panorama general de los principales grupos de la fauna estatal en las tres regiones ecológicas o provincias bióticas (Altiplano, Sierra Madre Oriental y Planicie Costera del Golfo), con énfasis en las especies relevantes por: i) su condición de exclusivas en el estado (endémicas a San Luis Potosí), ii) por su distribución restringida a una localidad tipo que está en el estado de San Luis Potosí

(la localidad tipo es donde se recolectó el ejemplar de un organismo con que se hizo la descripción de dicha especie), o iii) por ser raras o poco conocidas, no mencionadas anteriormente en otras publicaciones similares, o bien iv) que han sido descritas o registradas recientemente, así como por su importancia ecológica y científica. Información adicional acerca de cada grupo taxonómico y su situación actual puede ser consultada en otras obras (Conabio, 2019).

Como se muestra en capítulos anteriores de esta obra, el territorio del estado es un mosaico complejo de condiciones ambientales heterogéneas en cuanto al rango de altitud y formas del relieve, antigüedad geológica y tipo de rocas, perfiles y composición de suelos, variantes de climas, y tipos de vegetación que constituyen los hábitats para la fauna. Por tanto, todos estos factores condicionan y regulan la distribución y abundancia de la diversidad, así como las interacciones. En los cuadros 7.1 a 7.3 y las figuras 7.1 y 7.4 se muestra la diversidad y riqueza de los grupos zoológicos en México y de los principales que están en el estado.

Los invertebrados

Se describe brevemente el significado del nombre, las características propias, la diversidad e importancia de cada grupo. De los 1.7 millones de especies de animales que se conocen en el planeta, 1.3 son invertebrados artrópodos; según datos de la Conabio (2019), en México existen 108 519 especies de invertebrados, de las cuales 59 404 (54.74 %) son artrópodos. La fauna de invertebrados del estado está integrada por varias clases. Aquí se mencionan cinco de las que se tienen datos: rotíferos, miriápodos, crustáceos, arácnidos e insectos (Cuadro 7.1). Todas ellas (excepto los rotíferos) son animales con extremidades articuladas y cuerpo segmentado en dos o más partes (*Phyllum* Artrópodos: del griego *arthron*, 'articulación'; *podos*, 'pie'), protegido por una cubierta dura (exoesqueleto) de queratina/quitina, cuyas partes se conectan con membranas. En la clase crustáceos está la cochinilla de humedad (isópodos terrestres). Los artrópodos comparten la segmentación y exoesqueleto, respiración por tubos o tráqueas, aparatos bucales y dieta especializada; muchos son depredadores y carnívoros de actividad diurna o nocturna. Los artrópodos son uno de los grupos más numerosos en el reino animal y de los mejor adaptados, pues han colonizado todos los ambientes acuáticos y terrestres.

Por su diversidad morfológica, hábitos de vida, su excelente adaptación a muy diferentes condiciones ambientales y su gran número de especies, los invertebrados cumplen múltiples e importantes funciones ecológicas. Son depredadores de otras especies de invertebrados y alimento de vertebrados en las redes tróficas, reciclan materia orgánica y contribuyen a la fertilidad de los suelos, intervienen en la sucesión de las comunidades vegetales al polinizar flores o ser plagas de ellas y de algunos cultivos agrícolas, dispersan semillas, son vectores de parásitos o causan enfermedades a los animales domésticos y al hombre, fabrican sustancias alimenticias, colorantes, toxinas y venenos de importancia e interés para el ser humano y en salud pública. Incluso muchas especies de insectos son aprovechadas por grupos étnicos para consumo en varias regiones del país.

Endemismo

Se sabe muy poco acerca de los artrópodos exclusivos del territorio, es decir, de los endémicos a escala estatal. En general son especies restringidas a una o dos localidades en las que ocupan hábitats particulares como charcas, arroyos y cuevas. Para el estado se mencionan en la literatura 102 especies cavernícolas endémicas de los cinco grupos de artrópodos en el cuadro 7.1 (Elliot, 2018; Conabio, 2019; Reddell, 1981). En el cuadro 7.1 y la figura 7.1 se muestran los cinco grupos de invertebrados, su número y porcentaje aproximado de especies en México y en San Luis Potosí.

- *Rotíferos* (que rota o gira)

Con apenas 51 especies registradas en el estado, son escasos y poco conocidos, a pesar de su importancia ecológica, debido a que son indicadores de la calidad de agua dulce en hábitats como ríos, lagos y embalses (presas), debido a su capacidad filtradora y sensibilidad ante la contaminación. Su nombre deriva de una corona de cilios rotatoria que rodea la boca en la parte anterior de su cuerpo, el cual es transparente y de forma cilíndrica, por lo que es posible observar sus órganos internos. En promedio miden menos de un micrómetro (μm) hasta un milímetro (mm).

- *Miriápodos* (mil pies)

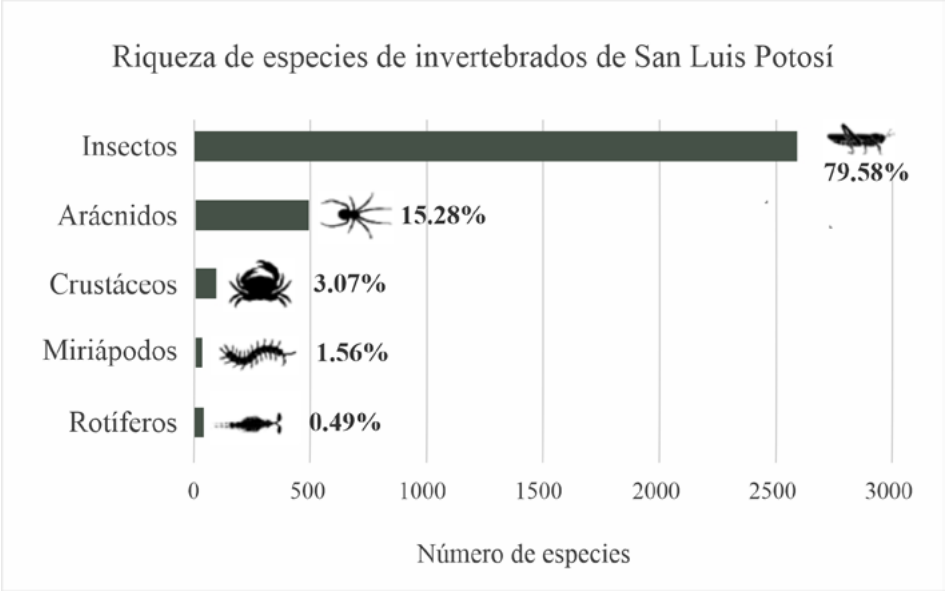
Este grupo incluye animales poco conocidos o menos frecuentes que otros invertebrados. Tienen cuerpo cilíndrico o aplanado con uno o dos pares de pa-

Cuadro 7.1. Riqueza de invertebrados en México y San Luis Potosí.

Grupo	*México*	*San Luis Potosí*	*%*
Rotíferos	303	51	16.83
Miriápodos	181	16	8.84
Crustáceos	5 387	100	1.85
Arácnidos	5 600	497	8.87
Insectos	47 853	2 589	5.41
Total	59 324	3 253	5.48

Elaboración propia con base en Conabio (2019).

Figura 7.1. Representación porcentual de los invertebrados de San Luis Potosí.



Elaboración propia con base en Conabio (2019).

tas en cada segmento del cuerpo, cabeza diferenciada con un par de antenas y ojos. Son nocturnos en general, y pueden ser herbívoros o carnívoros. Sólo se conoce a dieciséis especies que habitan en el estado, siendo más frecuentes en las zonas tropicales húmedas (provincias de la Sierra Madre Oriental y Planicie Costera del Golfo). En el Altiplano sólo se conocen dos especies, pero con investigación adicional probablemente se encontrarán otras. Resultan de gran valor ecológico por las funciones que realizan en los ecosistemas, debi-

do a que se alimentan de partículas (detritus) del suelo y lo remueven lo que fomenta la fertilidad de éste. Algunos controlan a otros invertebrados dañinos. Hay escasas especies venenosas, pues la mayoría son inofensivos. Ejemplo de ellos son los milpiés o cardadores y las escolopendras (*Scolopendra viridis*).

- *Crustáceos* (*crusta*: costra)

Su cuerpo se divide en dos fracciones (cefalotórax y abdomen con cola o telson), uno a dos pares de antenas y de cuatro a muchos pares de apéndices (patas, maxilas y pinzas). Las especies locales son de tamaño pequeño (centímetros) en comparación con las especies marinas, poco vistosas y de colores claros. Los hay endémicos o exclusivos de los ambientes subterráneos (cuevas) de la Sierra Madre Oriental. Son animales generalmente acuáticos (marinos o de agua dulce). Esta clase de invertebrados está pobremente representada en el estado, con sólo 100 especies que habitan en ambientes de corriente lenta (lagos y lagunas) o en charcas, arroyos intermitentes (estacionales) y ríos tropicales. Se trata de organismos asociados al agua, y por ello son más frecuentes en la región Huasteca (la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera del Golfo). A esta clase pertenecen los acociles, camaroncitos de río y langostinos. Algunas de sus especies son endémicas de cuevas y lagunas (por ejemplo, *Procanbarus robertii* y *P. pocockii*).

- *Arácnidos* (con aspecto de araña)

Este grupo de animales es el mejor conocido, con 640 especies registradas en el estado; ocupan el segundo lugar entre los artrópodos, sólo después de los insectos. Son de aspecto y tamaño muy variables. Su cuerpo se divide en dos partes (cefalotórax y abdomen), y a diferencia de otros artrópodos el cuerpo es generalmente suave, pues contiene poca quitina/queratina. Poseen cuatro pares de patas y dos pares de apéndices, uno con función táctil (palpos) y otro prensil o para morder (colmillos o quelíceros).

La mayoría son nocturnos y solitarios, carnívoros depredadores de otros artrópodos, hay pocas especies ponzoñosas de preocupación para el ser humano, pero debido a ellas el resto tienen mala fama en general. Es justo decir que cumplen papeles muy importantes en los ecosistemas, como ser parte de la red trófica, además de controlar numerosas especies de insectos plaga en cultivos de importancia en la agricultura. Sus representantes más notorios y abundantes son las arañas, alacranes o escorpiones, ácaros, garrapatas y los

vinagrillos, entre otros. Aunque parezcan de aspecto poco atractivo o incluso repulsivo por su color y la presencia de pelos cubriéndoles el cuerpo en muchas especies, la mayoría de los arácnidos de los distintos órdenes son asustadizos e inofensivos y rehúyen la presencia humana. El porcentaje de especies que poseen veneno o sustancias tóxicas de riesgo para salud es mínimo y sólo las hay entre las arañas (capulina o viuda negra, y violinista) así como algunos escorpiones (alacranes).

En las cuevas de la Sierra Madre Oriental habita una de las comunidades de invertebrados más diversas de México; existen varias especies endémicas y ciegas, algunas endémicas de una sola cueva (Elliot, 2018; Reddell, 1981). El ejemplo destacado de esta fauna de invertebrados es el primer escorpión ciego (*Sotanochactas ellioti*) encontrado en México en esta región (figura 7.2). Otro arácnido mejor conocido y más frecuente en gran parte del estado es la araña lobo (figura 7.3).

- *Insectos o hexápodos* (*Insecta, insectum*: seccionado en; *hexapoda*: seis patas) Poseen un cuerpo formado por tres partes: cabeza, tórax y abdomen; tres pares de patas, un par de antenas y un par de mandíbulas. Es la clase más numerosa de animales y de todos los seres, ya que incluye a la mayoría de los invertebrados. Es un grupo muy antiguo y de los más exitosos ya que fueron los primeros animales capaces de volar, ocupando el medio aéreo, así como los ecosistemas acuáticos y los ambientes terrestres.

Son de los animales mejor conocidos y con la distribución más amplia en todo el planeta, excepto en los océanos. Su diversidad en México es de 32 órdenes y casi 48 000 especies (un tercio de ellas son escarabajos y mariposas), y junto con los arácnidos suman casi 9 000 especies exclusivas del territorio nacional (endémicas del país). En el estado es tal su riqueza que la conforman 28 órdenes y más de 2 500 especies registradas (cuadro 7.2), pero se cree que su riqueza total pueda ser de casi 10 000 especies, ya que faltan muchas regiones del estado donde realizar inventarios y otros estudios ecológicos acerca de las especies de importancia agrícola, pecuaria, alimentaria y médica en salud. Comprenden más del 80 % de los invertebrados nativos del estado (cuadro 7.1, figura 7.1; cuadro 7.2).

Los insectos son quizá los animales con mayor variabilidad, con diferencias notorias en cuanto a su historia natural y biología: aspecto general, coloración, forma, hábitat, distribución, mimetismo, comportamiento, dieta especializa-

Figura 7.2. Escorpión ciego (*Sotanochactas elliotti*).

Foto: Robert Mitchell.

Figura 7.3. Araña lobo (*Geolycosa sp.*).

Foto: Guillermo Espinosa Reyes.

da, y por supuesto en tamaño. Los hay desde minúsculos de menos de 1 mm de largo y peso ínfimo, hasta de unos 10 a 12 cm y varios gramos de peso.

En el cuadro 7.2 se observa que, aunque la riqueza de insectos parece grande por su número de especies registradas respecto a otros invertebrados, su porcentaje es muy pequeño respecto al total conocido de insectos (apenas del 3.74 %). Esto indica que aún se conoce muy poco de esta clase de animales en la fauna de San Luis Potosí. Incluso en las colecciones zoológicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y de otras instituciones están poco representados o se trata generalmente de especies de importancia agrícola.

En el mismo cuadro 7.2 se muestra el nombre de cada orden, su significado, el tipo de insectos que incluye y la riqueza en número de especies (entomofauna). La mayoría son fácilmente reconocibles, pues convivimos con ellos diariamente, otros raros y su riqueza es desconocida; por lo general son inofensivos. Ejemplos de ellos son las abejas, abejorros, avispas, catarinas, cigarras, chapulines, chinches, cucarachas, escarabajos, hormigas, libélulas, mantis, mariposas, moscas, mosquitos, pececillos de plata, pulgones, pulgas y termitas entre los más representativos, comunes y abundantes.

Los insectos son componentes muy destacados de la diversidad biológica, relevantes en la estructura, funcionamiento y equilibrio de las comunidades por varias razones: a) su biomasa total estimada como materia viva (peso y volumen) o en peso seco es mayor que la del resto de los animales y otros grupos de organismos (hongos y plantas); b) interactúan con el resto de los organismos a todos los niveles con distintas funciones indispensables para el mantenimiento de la biodiversidad, como polinizar plantas silvestres y cultivadas, dispersar semillas de muchas plantas, consumen y controlan a especies plaga de los mismos insectos y otros invertebrados, c) favorecen la remoción y fertilidad del suelo, d) producen sustancias de diversa índole utilizadas por el ser humano (cera, colorantes, toxinas, miel, etc.); e) son exitosos y abundantes, bien adaptados a todos los ambientes naturales o perturbados, y se les encuentra en cualquier lugar sea natural o urbano.

Si bien hay algunas especies parásitas que causan enfermedades a plantas y animales tanto silvestres como domésticas, y pueden ser vectores que transmiten microbios que afectan al ser humano, predominan los insectos benéficos, por realizar todos los servicios ambientales mencionados. Son los invertebrados de mayor importancia ecológica, económica, agropecuaria y en salud para la naturaleza y el ser humano.

Cuadro 7.2. Diversidad taxonómica y riqueza de insectos de San Luis Potosí

Orden	*Significado del nombre*	*Insectos que incluye*	*Número de especies*
Lepidoptera	“alas escamosas”	mariposas, polillas y esfinges	791
Hymenoptera	“alas membranosas”	abejas, abejorros, avispas y hormigas	548
Coleoptera	“alas en caja o estuche”	escarabajos y catarinas	512
Orthoptera	“alas rectas”	grillos, saltamontes (chapulines) y langostas	143
Odonata	“con dientes”	libélulas y caballitos del diablo	142
Diptera	"dos alas"	moscas, mosquitos y tábanos	130
Hemiptera (Heteroptera)	"alas divididas o diferentes"	"chinches"	111
Psocoptera	"alas polvosas"	"piojos de los libros"	77
Collembola	"con fúrcula o propulsor"	colémbolos	30
Neuroptera (Panipennia)	"alas con nervios"	neurópteros	28
Embioptera	"alas vigorosas"	embidinos	17
Raphidioptera	"alas con costura"	"rafidiópteros"	13
Siphonaptera	"con un tubo y sin alas"	pulgas	12
Thysanoptera	"alas rizadas"	"trips" o arañuelas	10
Ephemeroptera	"alas efímeras"	efímeras, moscas de mayo o náyades	9
Dermaptera	"alas de piel"	tijeretas o tijerillas	7
Megaloptera (Neuripterida)	"alas grandes"	"hormigas león"	4
Plecoptera	"alas trenzadas"	"moscas de piedra"	3
Protura	"cola primitiva"	proturos	1
Diplura	"cola doble"	dipluros	1
Homoptera	"alas uniformes"	cigarras y pulgones	desconocido
Tysanura	"cola en fleco"	pececillos de plata	desconocido

Orden	*Significado del nombre*	*Insectos que incluye*	*Número de especies*
Trichoptera	"alas con pelo"	"gusanos de vaina o de madera"	desconocido
Mecoptera	"alas largas"	"moscas escorpión"	desconocido
Isoptera	"alas iguales"	termitas, termes o comegenes	desconocido
Mantodea	"con aspecto de mantis"	mantis religiosas, "campamochas"	desconocido
Phasmatodea o Phasmida	"fantasmas"	"insectos palo" o fásmidos, insectos hoja	desconocido
Blattodea o Blattaria	"con aspecto de cucaracha"	cucarachas	desconocido
			Total 2 589

Elaboración propia con base en Conabio (2019).

Los vertebrados

Los vertebrados constituyen un subgrupo de la tribu de los cordados dentro de la clasificación del reino animal. Se trata de organismos que poseen una cuerda dorsal (médula espinal), presentan cefalización (condición en la que los órganos de los sentidos se concentran en la cabeza), su cuerpo presenta simetría bilateral, orientación de cabeza anterior-cola posterior, y están recubiertos por distintas estructuras protectoras. La característica exclusiva es que poseen columna vertebral, caja craneana que encierra al cerebro y numerosos huesos que forman el esqueleto interno (de cartílago u óseo), así como sistemas muy complejos y especializados (nervioso, digestivo, circulatorio, respiratorio, excretor, etc.) alojados en una cavidad corporal (celoma); respiran por branquias o pulmones, regulan su temperatura corporal (endotermos) o no lo hacen cuando ésta depende del ambiente (ectotermos).

Como grupo son, entre los animales, los más diversos y mejor conocidos, sólo superados por los insectos. Habitan en todos los ambientes del planeta y también representan una sección destacada dentro de la diversidad biológica por las funciones ecológicas y servicios ambientales que desempeñan en la biosfera. Se les clasifica en cinco clases: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. La riqueza de ellas en México y en San Luis Potosí se indica en el cuadro 7.3 y la figura 7.4. Cabe decir que del grupo de peces sólo se considera

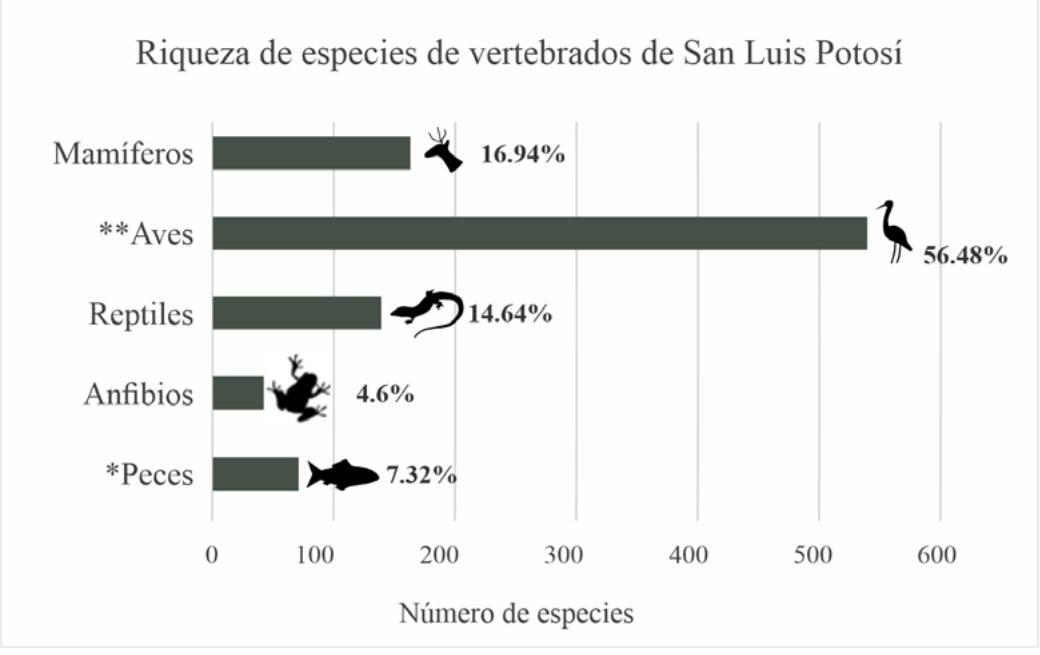
la riqueza en especies de agua dulce. El estado sobresale por su diversidad de aves y mamíferos, y por el endemismo en anfibios y reptiles (Luna-Vega *et al.*, 2004; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006).

Cuadro 7.3. Diversidad y porcentaje de vertebrados en México y San Luis Potosí. Porcentaje de San Luis Potosí respecto a México

	México	*San Luis Potosí*	*%*
*Peces	506	70	13.83
Anfibios	373	44	11.79
Reptiles	864	140	16.22
Aves	1 150	541	47.04
Mamíferos	498	162	32.53
Total	*3391*	*956*	*28.20*

*Solo se consideran los peces de agua dulce. Elaboración propia con base en Conabio (2019).

Figura 7.4. Riqueza y porcentaje de vertebrados en San Luis Potosí.



Elaboración propia con base en Conabio (2019). *Solo peces de agua dulce. **Aves actualizado según Tinajero y Partida-Pérez (2016).

Diversidad e importancia de los vertebrados

En esta sección se describen los aspectos relevantes de cada clase en cuanto a sus características distintivas, diversidad taxonómica, riqueza, importancia ecológica y su conocimiento actual.

- *Peces* (*Pisces*: peces)

Esta clase de vertebrados dulceacuícolas y marinos se caracteriza por tener un cuerpo aplanado lateralmente y estar cubierto por escamas, y por poseer aletas de radios o espinas en lugar de extremidades. Son organismos de respiración branquial (son raras las especies pulmonadas) y su temperatura depende del ambiente (ectotermos y poiquilotermos).

A escala mundial han sido descritas 27 000 especies; en México habitan en total 2 763 especies, y aproximadamente 510 son dulceacuícolas. Su gran riqueza —la mayor entre los vertebrados— se explica igual que para otros grupos por las condiciones ambientales heterogéneas y complejas en todos los aspectos biofísicos del territorio nacional.

En el caso de San Luis Potosí, esta tendencia general no se cumple, ya que la provincia biótica del Altiplano, que ocupa más del 60 % del estado, se caracteriza por tener ecosistemas áridos y semiáridos, suelos de baja fertilidad, tipos de vegetación xerófila (adaptadas a la aridez), y escasez de agua como el factor limitante principal para la sobrevivencia y desarrollo de plantas y animales. Para los organismos acuáticos, en particular para los peces, los cuerpos de agua son escasos y de menor caudal que en las regiones media y huasteca de la Sierra Madre o la Planicie Costera. En el Altiplano, la cuenca hidrológica de El Salado se forma por arroyos, charcas y pequeños estanques estacionales intermitentes, cuyo volumen varía notablemente entre las estaciones del año; por lo tanto, durante la época de secas, por la escasa lluvia, los cuerpos de agua disminuyen en volumen de manera importante, y con ello las comunidades de animales y plantas que los habitan se ven limitadas (Rush-Miller, 2009).

Por todo ello, los peces son la clase de vertebrados menos diversa en el estado, con tan sólo 70 especies (13 % de la ictiofauna de México); 64 de esas especies son nativas y 6 exóticas o introducidas (provenientes de otras regiones; diferente origen geográfico). De acuerdo con la NOM-059 de la Semarnat (2010), existen diez especies endémicas en el estado (casi todas en el Altiplano en la región Media); todas, en categorías de riesgo. Varias de ellas habitan en la laguna Media Luna y otras en ríos de la Planicie Costera. Hay otras seis

restringidas a cuerpos de agua pequeños y aislados en ciertas zonas y que no están en la Norma Oficial Mexicana. En este grupo están la mojarra del Ojo Frío (*Herichthys steindachneri*), la cual ha sido registrada en el río Gallinas, arriba de la cascada de Tamul y la carpa de Tamasopo (*Thampichthys catostomops*) (Conabio, 2019).

Entre los peces del estado, se encuentran especies de importancia ecológica, científica, pocas comestibles, pero varias de interés económico-comercial, como es el caso de ciertas especies de molys o cola de espada. Entre las más destacadas, están el cachorrito de Media Luna (*Cualac tesellatus*), la sardinita quijarona (*Dionda mandibularis*), las mojarras huastecas (*Erichthys* spp.), el catán o pejelagarto aguja (*Lepisosteus osseus*), el pez gato (*Bagre* sp.), los molys o colas de espada (*Poecilia* spp.) y la sardinita (*Astyanax mexicanus*; figura 7.5) con poblaciones abundantes de individuos normales (epigeas: con ojos) y variantes de bioformas ciegos cavernícolas (hipogeos) que habitan en varias cuevas en la zona de la Sierra Madre Occidental (Ceballos *et al.*, 2016; Elliot, 2018).

Figura 7.5. Sardinita (*Astyanax mexicanus*), forma normal de la Media Luna (imagen superior); en la imagen inferior, *Astyanax jordani* con la bioforma ciega que habita en cuevas de la Sierra Madre Oriental en San Luis Potosí y Tamaulipas (Elliot, 2018).

Foto: Crédito Jason Penney, <Wikipedia.org>.

- *Anfibios* (*Amphí*: ambos; *bios*: vida)

Esta clase incluye a las ranas, sapos, salamandras, tritones y cecilias. Fueron los primeros tetrápodos en conquistar el medio terrestre, aunque continúan dependiendo del agua, por lo que su piel siempre está húmeda, lo que les permite realizar el intercambio gaseoso necesario para poder llevar a cabo la respiración. Además, son ectotérmicos, por lo que dependen de la temperatura ambiental para regular su temperatura corporal. Los anfibios producen un huevo que carece de una cáscara dura; por tanto, éstos son depositados directamente en el agua o en sitios húmedos. En general, en la primera etapa de su vida (acuática) se les conoce como larvas, renacuajos, tepocates, etc., y en la segunda etapa (terrestre) se les conoce como adultos, aunque no todas las especies pasan por la etapa acuática. Todas las especies son carnívoras y por lo regular solitarias. Los anfibios tienen una gran importancia ecológica ya que contribuyen considerablemente al flujo de energía en las redes tróficas, son bioindicadores de salud de los ecosistemas y controladores de plagas.

La clase *amphibia* consta de tres órdenes: *anura* (*a*: no; *ourá*: cola), en el cual se incluye a ranas y sapos; *caudata* (*cauda*: con cola), que incluye a salamandras y tritones; *gimnophiona* (*gymnos*: desnudo; *ophis*: serpiente), donde se incluyen a las cecilias, que son anfibios sin patas que se asemejan a gusanos gigantes (Conabio, 2019). En San Luis Potosí se distribuyen 44 especies que pertenecen a 24 géneros, 12 familias y 2 órdenes; de éstas, 20 son endémicas de México, de las cuales 5 se restringen a la Sierra Madre Oriental.

Las especies endémicas de México son el ajolote del Altiplano (*Ambystoma velasci*), la babosa (*Aquiloeurycea cephalica*), el achoque de tierra (*Bolitoglossa platydactyla*), el ajolote de tierra (*Isthmura belli*), el sapo de meseta (*Anaxyrus compactilis*), el sapo de los pinos (*Incilius occidentalis*), la rana de arroyo (*Craugastor berkenbuschii*), la rana hojarasquera común (*Craugastor rhodophis*), la rana chirriadora (*Eleutherodactylus dennisi*; figura 7.6), la ranita chirriadora de la Huasteca (*Eleutherodactylus longipes*), la rana orejona (*Eleutherodactylus verrucipes*), el calate arborícola (*Rheohyla miotympanum*), la ranita de montaña (*Dryophytes eximius*), la rana leopardo de Moctezuma (*Lithobates montezumae*); incluyendo aquellas con una distribución restringida a la Sierra Madre Oriental, que son la rana chirriadora de San Luis Potosí (*Eleutherodactylus potosiensis*), la salamandra cartilaginosa (*Chiropterotriton chondrostega*), la salamandra patona (*Chiropterotriton magnipes*), la salamandra multidentada (*Chiropterotriton multidentatus*; figura 7.7), la rana labradora (*Craugastor decoratus*) y la rana de

Figura 7.6. Rana chirriadora (*Eleutherodactylus dennisi*).

Foto 7.6: <Herp.mx>.

Figura 7.7. Salamandra multidentada (*Chiropterotriton multidentatus*).

Foto 7.7: Iván T. Ahumada Carrillo.

Moore (*Lithobates johni*). Los nombres comunes usados siguen a Liner y Casas-Andreu (2008).

En el caso de la rana de Moore (*Lithobates johni*), considerada como una especie en peligro de extinción, sólo se distribuye en el sureste del estado, en el arroyo Sacahuite, Palictla, Tamazunchale, así como al norte del estado de Hidalgo, Puebla y Veracruz. Es uno de los anfibios más amenazados en la entidad, por lo que su conservación es prioritaria (Conabio, 2019). Además, cinco de los anfibios tienen su localidad tipo en San Luis Potosí, es decir, que el ejemplar recolectado en esa localidad es utilizado para realizar la descripción científica de la especie, como lo son las salamandras *Chiropterotriton magnipes* y *C. multidentatus*, la ranita de Moore (*L. johni*), la rana chirriadora de San Luis Potosí (*Eleutherodactylus potosiensis*; Hernández-Austria *et al.*, 2022; fi-

gura 7.8) y la rana chirriadora de manchas (*Eleutherodactylus guttilatus*; figura 7.9), todos ellos con su distribución restringida a la Sierra Madre Oriental, con excepción de *E. guttilatus*.

Figura 7.8. Rana chirriadora de San Luis Potosí (*Eleutherodactylus potosiensis*).

Foto: Raquel Hernández Austria.

Figura 7.9. Rana chirriadora de manchas (*Eleutherodactylus guttilatus*).

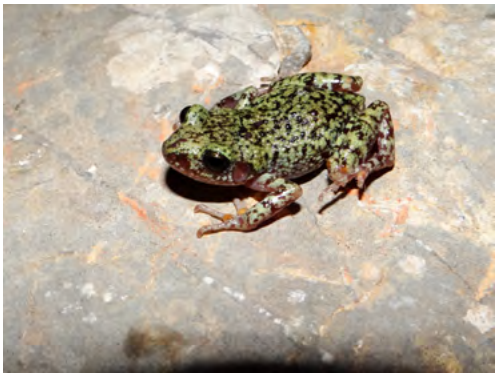


Foto: <Herp.mx>.

Es bien sabido que los anfibios están atravesando la peor crisis de extinción de su historia, debido a distintas causas; específicamente, en San Luis Potosí es por la deforestación y pérdida del hábitat (Miranda-Aragón *et al.*, 2012; Ramos-Lara y Koprowski, 2014; Castro-Navarro *et al.*, 2017), la introducción de especies invasoras (Mendoza *et al.*, 2014), las enfermedades infecciosas emergentes (Mendoza-Almeralla *et al.*, 2015) y la minería (Espinosa-Reyes *et al.*, 2014). Por todas estas causas, debe ponerse énfasis en realizar más estudios

que permitan conocer el estado actual de las poblaciones de estas especies, para llevar a cabo estrategias que permitan el desarrollo de actividades humanas mitigando el efecto que tienen sobre los anfibios, además de maximizar esfuerzos para preservar las zonas más vulnerables, para garantizar su protección.

- *Reptiles* (*reptilis*: que se arrastra)

Son un grupo de vertebrados con una gran variación tanto morfológica como en los hábitos que presentan. Son considerados como importantes controladores de plagas y de poblaciones de anfibios y mamíferos, particularmente de roedores y murciélagos, aunque también existen herbívoros, como las iguanas, que suelen fungir como dispersores de semillas (Conabio, 2019).

Se clasifican en cuatro órdenes: tortugas (orden *Testudines*); cocodrilos (orden *Crocodylia*); la tuátara (orden *Rhynchocephalia*); y lagartijas (orden *Squamata*, suborden *Lacertilia*), serpientes (*Squamata, Serpentes*) y anfisbenias (*Squamata, Amphisbaenia*).

Las tortugas se caracterizan por presentar un caparazón, que en realidad es un hueso dérmico que cubre todo el cuerpo, poseen extremidades con membranas interdigitales como en las especies dulceacuícolas; y en el caso de las especies terrestres, poseen una reducción en los dedos, por lo que las patas presentan una forma tubular. La boca tiene una especie de pico con un borde cortante en las mandíbulas, con el que pueden alimentarse de diversos tipos de alimento, lo que les permite ser omnívoras, carnívoras y herbívoras. Todas las tortugas ponen huevos, y el número y tamaño varía dependiendo de la especie.

Los cocodrilos poseen el cuerpo elongado, un cráneo robusto con el hocico moderadamente largo y ancho, cuello corto, con un tronco robusto y una cola larga y comprimida lateralmente; son semiacuáticos, carnívoros y ovíparos. Construyen nidos en la tierra, además de que muestran cuidado parental.

Sólo existe una especie de tuátara, que habita en Nueva Zelanda. Es un reptil similar a una lagartija, pero difiere en su anatomía interna.

Las lagartijas tienen escamas en todo el cuerpo, por lo general tienen cuatro extremidades, y la mayoría posee párpados y una apertura del oído externa. Pueden ser ovíparas o vivíparas. La gran mayoría son de hábitos diurnos y se alimentan principalmente de insectos y pequeños vertebrados, aunque también hay especies herbívoras.

Las serpientes presentan un cuerpo alargado cubierto de escamas, carecen de extremidades, no poseen párpados, pueden ser ovíparas o vivíparas. Se ali-

mentan desde invertebrados, otros reptiles, hasta vertebrados de talla mediana; tragan a sus presas enteras. Son de hábitos terrestres, arborícolas, acuáticos, semiacuáticos. Son muy variables en tamaño.

Finalmente, las anfisbenias tienen el cuerpo con anillos que dan la apariencia de tener segmentos. La mayoría no posee extremidades, tienen la cola corta y un cráneo bien osificado y adaptado para excavar, ya que todas las especies cavan sus madrigueras. Pueden ser ovíparas o vivíparas y se alimentan de artrópodos, lombrices y pequeños vertebrados (Conabio, 2019).

En San Luis Potosí se distribuyen 141 especies de reptiles, que pertenecen a 3 órdenes, 24 familias y 74 géneros, de las cuales 57 son endémicas a México y 12 se distribuyen exclusivamente en la Sierra Madre Oriental.

Los reptiles que tienen la distribución restringida a la Sierra Madre Oriental son el escorpión arborícola de bandas (*Abronia taeniata*), la salamanquesa de cola café (*Scincella caudaequinae*; figura 7.10), la lagartija nocturna de la Huasteca (*Lepidophyma lusca*), la lagartija nocturna de cueva (*Lepidophyma micropholis*), la lagartija nocturna de Jalpan (*Lepidophyma occulor*), la lagartija espinosa de collar (*Sceloporus geminus*), el xenosaurio de Newman (*Xenosaurus newmanorum*), la culebra corredora de panza roja (*Chersodromus rubriventris*), la culebra hojarasquera de Gaige (*Rhadinaea gaigeae*; figura 7.11), la culebra hojarasquera de Marcella (*Rhadinaea marcellae*), la culebra minadora de San Luis Potosí (*Geophis latifrontalis*) y la víbora saltadora (*Metlapilcoatlus borealis*).

Las especies de reptiles que tienen su localidad tipo en el estado son la lagartija de cristal de cuello plano (*Ophisaurus incomptus*), la lagartija espinosa de collar (*Sceloporus geminus*), la lagartija de pastizal de Goldman (*Sceloporus goldmani*), lagartija panza azul (*Sceloporus parvus*), el xenosaurio de Newman (*Xenosaurus newmanorum*), la lagartija nocturna de la Huasteca (*Lepidophyma lusca*), la culebra centipedívora de San Luis Potosí (*Tantilla shawi*), la serpiente bejuquillo de la costa del golfo (*Oxybelis potosiensis*; figura 7.12), la culebra hojarasquera de Gaige (*Rhadinaea gaigeae*), la serpiente rey mexicana (*Lampropeltis mexicana*; figura 7.13), la culebra corredora de panza roja (*Chersodromus rubriventris*), y la cascabel oscura de Querétaro (*Crotalus aquilus*; figura 7.14). Los nombres comunes son los sugeridos por Liner y Casas-Andreu (2008).

Algunas de estas especies son muy poco conocidas; por ejemplo, el caso de *S. goldmani* (figura 7.15), especie que se creía extinta ya que los últimos ejemplares registrados databan de 1955-1962 (Thomas y Dixon, 1976), pero en 2013 fue redescubierta, con cuatro poblaciones adicionales, una de las

Figura 7.10. Salamanquesa de cola café (*Scincella caudaequinae*).
Figura 7.11. Culebra hojarasquera de Gaige (*Rhadinaea gaigeae*).
Figura 7.12. Serpiente bejuquillo de la costa del golfo (*Oxybelis potosiensis*).
Figura 7.13. Serpiente rey mexicana (*Lampropeltis mexicana*).
Figura 7.14. Cascabel obscura de Querétaro (*Crotalus aquilus*).
Figura 7.15. Lagartija de pastizal de Goldman (*Sceloporus goldmani*).

Fotos 7.10 y 7.11: Iván T. Ahumada Carrillo. Foto 7.12: Carlos Castañeda Hernández. Fotos 7.13 y 7.14: <Herp.mx>. Foto 7.15: Rubén Alonso Carbajal Márquez.

cuales se encuentra en San Luis Potosí. Sin embargo, las mesetas en las que fueron encontradas han sido modificadas, por lo que una de las estrategias para su conservación, es la protección del hábitat (Carbajal-Márquez y Quintero-Díaz, 2016). Otra especie con una situación similar es la culebra corredora de panza roja (*C. rubriventris*), ya que en un periodo de sesenta años sólo se

conocían tres ejemplares, y no fue sino hasta 2013 que se redescubrió a la especie, con registro de otros tres ejemplares. Por ello se considera una especie rara, con un rango de distribución restringido al bosque mesófilo, el cual se encuentra cada vez más reducido (Ramírez-Bautista *et al.*, 2013). Otro caso particular es el de *O. incomptus*, una lagartija muy rara, ya que son muy pocos los ejemplares conocidos por la ciencia. Por ello, el conocimiento sobre aspectos de historia natural es escaso; además es considerada como una especie en peligro de extinción.

En 2021 fueron descritas dos especies nuevas, la lagartija nocturna de la Huasteca (*L. lusca*; figura 7.16), de la que sólo se conocen ejemplares de su localidad tipo, que se encuentra en la provincia Carso Huasteco, y su presencia se restringe a orillas de arroyos, donde habita en grietas de piedra caliza cubiertas por el dosel de los árboles (Arenas-Moreno *et al.*, 2021), y la víbora saltadora (*M. borealis*; figura 7.17), de la cual parte de su distribución se encuentra restringida a los bosques tropicales de niebla de la zona de confluencia de los estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Querétaro y Veracruz (Tepos-Ramírez *et al.*, 2021). En 2023, se describió a la lagartija espinosa de collar *Sceloporus geminus*, con localidad tipo en Xilitla y su distribución incluye el norte de Hidalgo, noreste de Querétaro, al sur de la Sierra Madre Oriental, habitando el bosque de pino-encino (Campillo-García *et al.*, 2023).

Por lo anterior, se considera que San Luis Potosí presenta una variedad de ecosistemas, que, debido a su ubicación geográfica y configuración topográfica, permite la existencia de hábitats particulares para muchos reptiles. Sin embargo, la principal amenaza para estas especies es la pérdida del hábitat por

Figura 7.16. Lagartija nocturna de la Huasteca (*Lepidophyma lusca*).

Foto 7.16: Iván T. Ahumada Carillo.

Figura 7.17. Víbora saltadora (*Metlapilcoatlus borealis*).

Foto: <Herp.mx>.

causas antropogénicas, por lo que deben tomarse medidas urgentes que puedan garantizar la protección de estos organismos.

- *Aves* (*Avis*: ave, pájaro)

Son animales vertebrados ovíparos de sangre caliente, es decir endotermos, también llamados homeotermos (mantienen la temperatura corporal de manera constante). Poseen huesos con cavidades óseas, es decir, son huecos, lo que los hace ser ligeros, una característica indispensable para el vuelo. Su cuerpo está cubierto de plumas, y esta característica en la actualidad las distingue de cualquier otro tipo de vertebrado.

En todo el mundo existen 11 500 especies de aves, y en México habitan alrededor del 10 %, entre 1 123 y 1 150 especies. Esto ubica al país en el decimoprimer lugar entre las naciones con mayor riqueza de especies. En Norteamérica, México es el país que posee la riqueza de especies más alta comparada con Estados Unidos y Canadá. Alrededor del 77 % de las especies en México son residentes permanentes, seguidas en número por las migratorias de invierno y las transeúntes.

En el estado de San Luis Potosí, en 2019, se había documentado la presencia de 538 especies (Conabio, 2019). Sin embargo, recientemente se ha registrado la presencia de nuevas especies, adicionando a la lista de aves del estado tres especies. Éstas son la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*), el perico monje argentino (*Myiopsitta monachus*) y el águila solitaria (*Buteogallus solitarius*) (Tinajero y Partida-Pérez, 2016; Tinajero y Aguirre-Rivera, 2020), así la riqueza total actual de la avifauna del estado es de 541 especies.

El estado no tiene endemismos de aves, aunque existen algunas con una distribución que se restringe al noreste de México (Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz), como es el caso del loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*), el picogordo cuello rojo (*Rhodothraupis celaeno*), la mascarita de Altamira (*Geothlypis flavovelata)*, el tecolote tamaulipeco (*Glaucidium sanchezi*) y la codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*). También en el Altiplano existe un gorrión asociado a los matorrales desérticos llamado el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), el cual presenta un rango de distribución en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, principalmente.

Las aves son la clase de vertebrados más diversa en el estado de San Luis Potosí, y presenta una composición de comunidades de pájaros diferentes, dependiendo de cada región. En la provincia biótica del Altiplano Potosino se tiene vegetación característica del Desierto Chihuahuense, como es el matorral desértico, y en esta región podemos encontrar especies de aves típicas de la región, como son la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*; figura 7.18), la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*), la huilota común (*Zenaida macroura*), el zopilote aura (*Cathartes aura*), la aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*), la aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), el cernícalo americano (*Falco sparverius*), el carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*), la matraca del desierto (*Campylorhynchus brunneicapillus*), el cuicacoche pico largo (*Toxostoma longisrostre*), el cenzontle norteño (*Mimus polyglottos*), el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*) y el cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), entre otros.

En esta región encontramos algunas especies de interés para la conservación debido a su nivel de riesgo (NOM-059-2010-Semarnat 2010) o bien que son raras (baja densidad y de rango de distribución reducido) en este tipo de hábitat. Entre las especies residentes destacan el águila real (*Aquila chrysaetos*), especie amenazada; el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), especie sujeta a protección especial; el cuicacoche de Crisal (*Toxostoma crissale*), especie rara, y el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), en peligro de extinción (Canales-Delgadillo *et al*., 2015; Tinajero y Chapa-Vargas, 2017). Durante los meses del otoño e invierno es posible encontrar especies migratorias, como es el caso de la grulla gris (*Antigone canadensis*), en protección especial; el chorlo llanero (*Anarhynchus montanus*; figura 7.19), especie amenazada, y la bisbita llanera (*Anthus spragueii*), especie vulnerable en la lista roja de especies en peligro de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) debido a que sus poblaciones están disminuyendo de forma considerable.

Figura 7.18. Codorniz escamosa (*Callipepla squamata*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 7.19. Chorlito llanero (*Charadrius montanus*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

La provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental destaca por la riqueza de aves, comprendida entre 359 y 377 de especies (Navarro *et al.*, 2004; Conabio, 2019). Esta riqueza es producto de la presencia de diferentes tipos de vegetación, como son los bosques de coníferas y de encino, selvas tropicales húmedas, bosque mesófilo entre otros (Rzedowski, 1965). Destacan por la riqueza de aves, los bosques de coníferas y de encino, donde se registra la presencia de 299 especies de aves (Sánchez-González y García-Trejo, 2010). En estos bosques es posible encontrar una composición de especies de pájaros, como la paloma encinera (*Patagioenas fasciata*), el colibrí magnífico (*Eugenes fulgens*), el colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), la coa elegante (*Trogon ele-*

gans), la coa mexicana (*Trogon mexicanus*), el carpintero bellotero (*Melanerpes formicivorus*), la chara pecho gris (*Aphelocoma wollweberi*), el baja palos pecho blanco (*Sitta carolinensis*), el zorzal pico naranja (*Catharus aurantiirostris*), el clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*), el azulejo garganta canela (*Sialia sialis*), el picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*), el junco ojo de lumbre (*Junco phaeonotus*; figura 7.20), el pavito alas blancas (*Myioborus pictus*), el pavito alas negras (*Myioborus miniatus*) y la piranga encinera (*Piranga flava*; figura 7.21), entre otros.

Figura 7.20. Junco ojo de lumbre (*Junco phaeonotus*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 7.21. Piranga encinera (*Piranga flava*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

En esta región encontramos algunas especies de aves raras, como son mirlo azteca (*Ridgwayia pinicola*), eufonia gorra azul (*Euphonia elegantissima*), ocotero enmascarado (*Peucedramus taeniatus*), y con base en los modelos de distribución potencial, es probable que en los meses de otoño-invierno se encuentre la cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi*). Esta especie ha sido catalogada en peligro de extinción; sin embargo, hasta ahora no se conocen registros para el estado, por lo que su estatus hasta ahora es hipotético. La codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*), especie también catalogada como en peligro de extinción, se ha documentado su presencia en el bosque mesófilo en las montañas de Xilitla (Lowery y Newman, 1951).

La planicie costera del golfo es una provincia fisiográfica que tiene alta diversidad de especies de aves; habitan en ésta alrededor de 288 especies de aves (Conabio, 2019). En las selvas tropicales habitan varias especies de interés para su conservación, como son el pato real (*Cairina moschata*), la pava cojolita (*Penelope purpurascens*), el hocofaisán (*Crax rubra*), el águila elegante (*Spizaetus ornatus*; figura 7.22), el aguililla negra mayor (*Buteogallus urubitinga*), el águila solitaria (*Buteogallus solitarius*), el halcón fajado (*Falco femoralis*), el halcón murcielaguero (*Falco rufigularis*), el tucancillo verde (*Aulacorhynchus prasinus*), la guacamaya verde (*Ara militaris*), el loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*; figura 7.23) y el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), entre otras (Hernández-SaintMartín y Rosas-Rosas, 2014, Rivera-Muñiz *et al*., 2021).

Figura 7.22. Águila elegante (*Spizaetus ornatus*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 7.23. Loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

También es importante mencionar que en esta provincia fisiográfica hay cuerpos de agua permanentes, como son el río Pánuco y lagunas como Las Lajillas (Ciudad Valles), Patitos (Tamuín), Marland (Ebano), entre otras. Estos humedales son importantes para las aves, pues son el hábitat de una gran diversidad de especies de aves acuáticas residentes y migratorias, como el pato mexicano (*Anas diazi*), el ganso careto mayor (*Anser albifrons*), el ganso blanco (*Anser caerulescens*), el pijije alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*), el zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), la cigüeña americana (*Mycteria americana*), el cormorán orejón (*Phalacrocorax auritus*), el cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*), el pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*), la garza morena (*Ardea herodias*), la garza blanca (*Ardea alba*), el ibis blanco (*Eudocius albus*) y la espátula rosada (*Platalea ajaja*), entre otras.

En la región, en las sierras de los municipios de Ciudad Valles, Tamuín, Aquismón y Xilitla, existen diversos sótanos y cuevas de importancia para las aves, los cuales son utilizados por algunas especies, como la guacamaya verde (*Ara militaris*), el perico mexicano (*Psittacara holochlorus*) y el vencejo collar blanco (*Streptoprocne zonaris*) para descansar durante la noche y posiblemente como sitios de reproducción. El Sótano de las Golondrinas y el Sótano de las Huahuas son muy conocidos y destacan por la cantidad de aves que albergan.

La diversidad (riqueza y composición) de las comunidades de aves en el estado de San Luis Potosí han experimentado cambios en el transcurso del tiempo. Algunas de ellas han desaparecido del territorio potosino, como es el

caso de la guacamaya roja (*Ara macao*) y el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*) que habitaban en las selvas tropicales de la Huasteca Potosina (Ceballos y Márquez, 2000). Por otro lado, especies exóticas e invasoras se han establecido en el territorio potosino; algunas han sido liberadas intencionalmente, otras son resultado de escapes y otras más han expandido su rango de distribución.

En el estado hay en total siete especies de aves exóticas registradas en esta categoría: la paloma doméstica (*Columba livia*), la paloma de collar turca (*Streptopelia decaocto*), la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), el perico monje argentino (*Myiopsitta monachus*), el mirlo dorso canela (*Turdus rufopalliatus*), el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) (Ramírez-Albores y Chapa-Vargas, 2015; Tinajero y Partida Pérez, 2016).

Las aves cumplen funciones importantes en los ecosistemas (dispersión de semillas, polinización, control biológico de poblaciones, entre otras), por lo cual es importante su conservación. Esto será posible fortaleciendo la generación de conocimiento científico sobre sus requerimientos ecológicos de hábitat, ecología reproductiva, abundancia y distribución, entre otros. También es importante resaltar que la pérdida de hábitat, el cambio climático, las especies exóticas, saqueo de nidos, comercio ilegal y otras actividades humanas están afectando a las especies de aves nativas, por lo que es importante documentar estos efectos ambientales para elaborar propuestas de manejo de hábitat que permitan la conservación de las especies de aves. Los nombres comunes utilizados están acordes con Berlanga *et al*. (2020).

- *Mamíferos* (*Mammalia*: mama, pecho; *ferre*: llevar, producir; que poseen mamas y producen leche)

Son vertebrados tetrápodos, y los hay de dos subclases: *prototheria*, que es un grupo primitivo que ponen huevos (ovíparos), como el caso del ornitorrinco y el equidna (exclusivos de Australia y Tasmania), y *theria*, que son los mamíferos modernos, e incluye a los marsupiales y placentarios. Los marsupiales completan su desarrollo dentro de la bolsa (o marsupio) de la madre, por ejemplo los tlacuaches; mientras que en los placentarios o euterios, el embrión se desarrolla dentro del útero, en donde es alimentado por una placenta, es decir, nacen directamente (vivíparos).

Tienen el cuerpo cubierto por pelo total o parcialmente, las hembras producen leche con la que alimentan a las crías, su dentición es especializada (heterodoncia) según el tipo de dieta de la que se alimenta cada grupo de especies.

Su corazón tiene cuatro cavidades (dos aurículas y dos ventrículos), los glóbulos rojos de su sangre (eritrocitos) carecen de núcleo; son animales que producen calor interno (endotermos), por lo cual mantienen constante su temperatura corporal (homotermos). Su cerebro posee corteza muy desarrollada (forma pliegues que aumentan la superficie); el hueso del paladar secundario separa los sistemas respiratorio y digestivo, el diafragma separa la cavidad torácica de la abdominal y ayuda a las funciones respiratorias y digestivas. En cuanto a su reproducción, la fertilización es interna en todas las especies. Su sexo está determinado por los cromosomas; hay diferencias notables entre hembras y machos (dimorfismo sexual), y sus sentidos en general están muy desarrollados.

Los mamíferos habitan en todos los ecosistemas acuáticos, marinos y terrestres; regulan las cadenas y redes alimenticias mediante la depredación (carnívoros), intervienen en la sucesión vegetal (herbívoros) y proporcionan servicios ambientales muy importantes, como polinización, dispersión de semillas y control de plagas de insectos y roedores.

En todo el mundo se conocen 4 600 especies clasificadas en 28 órdenes; en México se tiene registro de 535 especies, de las que 488 son terrestres y 162 (30.5 %) son endémicas. Por su riqueza, nuestro país ocupa el tercer lugar mundial. El estado de San Luis Potosí ocupa una posición geográfica equivalente a la de México en el continente, al estar situado en el centro del país, y en su territorio convergen las regiones biogeográficas neártica y neotropical del continente. Por tanto, se manifiestan condiciones ambientales y ecológicas muy heterogéneas y complejas en todos los componentes (topografía, suelo, clima, vegetación, etc.); ello tiene efecto en las comunidades de mamíferos, al igual que en el resto de los vertebrados. Debido a ello, la mastofauna del estado es muy diversa, ya que están representados diez de los doce órdenes terrestres del país y comparte con nueve estados vecinos un alto porcentaje de ellos y de sus especies.

En el país, San Luis Potosí ocupa el quinto lugar en diversidad taxonómica y riqueza específica de mamíferos, con un total de 10 órdenes, 26 familias, 91 géneros y 162 especies (159 nativas y tres exóticas). En términos generales, dos terceras partes de sus mamíferos son pequeños, ya que posee cuatro especies de musarañas (insectívoros), 59 especies de murciélagos (quirópteros), 56 especies de roedores (ratones y ratas de campo, ardillas terrestres, ardilla voladora, perro llanero, tepezcuintle y puercoespín). Las restantes 42 especies quedan repartidas en ocho órdenes: edentados —sin dientes— (hormiguero

y armadillo), soricomorfos o insectívoros (musarañas), lagomorfos (conejos y liebres), primates (mono araña), carnívoros (comadreja, zorrillos, martucha, mapache, tejón, coatí, viejo de monte, grisón, nutria de río; felinos, como gato montés, ocelote, tigrillo, jaguarundi, puma y jaguar; cánidos, como zorrita norteña, zorra gris, coyote); roedores: algunas especies de ratones y una especie de tuza, quirópteros (murciélagos): los murciélagos magueyeros, y ungulados (herbívoros: venado cola blanca, venado bura y pecarí de collar). Dos especies ya no existen en el estado (están extintas): el berrendo y el lobo gris. Falta información sobre otras especies: venado bura, tepezcuintle, mono araña, martucha, etcétera (Martínez de la Vega, 2023).

En los diferentes hábitats, las comunidades de mamíferos están formadas en su mayoría por de especies pequeñas, pues dos tercios son murciélagos y roedores; tres de ellos son el ratón de abazones del desierto (*Chaetodipus penicillatus*; figura 7.24), el ratón de los cactus (*Peromyscus eremicus*; figura 7.25) y el ratón norteamericano de patas blancas (*Peromyscus maniculatus*; figura 7.26).

Figura 7.24. Ratón de abazones del desierto (*Chaetodipus penicillatus*).

Foto 7.24 : Guillermo Espinosa Reyes.

Figura 7.25. Ratón de los cactus (*Peromyscus eremicus*).

Foto 7.25: Guillermo Espinosa Reyes.

Figura 7.26. Ratón norteamericano de patas blancas (*Peromyscus maniculatus*).

Foto 7.26: Guillermo Espinosa Reyes.

En su territorio habitan ocho mamíferos endémicos de México: murciélago mula mexicano (*Corynorhinus mexicanus*), la musaraña (*Cryptotis parva*) y el ratón de vientre claro (*Peromyscus ochraventer*), endémicos de la Sierra Madre Oriental; otro ratón (*Peromyscus hooperi*), dos ratas canguro (*Dipodomys nelsoni* y *D. phillipsii*), una tuza (*Thomomys umbrinus*), endémica del suroeste del Altiplano, y el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*; figura 7.27), en peligro y endémico del centro-norte del país (Martínez de la Vega, 2023). Hasta hoy no se tiene registro de especies endémicas o exclusivas del estado, aunque sí hay una subespecie de tuza (*Thomomys umbrinus potosinius*; figura 28) en la zona suroeste. Los nombres científicos empleados se basan en Ramírez-Pulido *et al.* (2014). Los nombres comunes o vulgares utilizados se han transcrito con base en Álvarez-Castañeda y González-Ruiz (2007).

Figura 7.27. Perro llanero (*Cynomys mexicanus*).

Foto 7.27: Guillermo Espinosa Reyes.

Figura 7.28. Tuza mexicana (*Thomomys umbrinus*).

Foto 7.28: <Wikipedia.org>.

Importancia sociocultural y aprovechamiento de la fauna nativa

La fauna silvestre ha coexistido con el ser humano desde siempre. En nuestro país, las culturas mesoamericanas que habitaban su territorio (mexicas, huastecos, mayas, olmecas, pames, etc.) poseían un amplio conocimiento de la biota nativa y ésta formaba parte de su cosmovisión. Esa importancia y relaciones están bien documentadas en códices y otros escritos antiguos, pero con la conquista española se perdió gran parte de aquel conocimiento.

En todo México y en San Luis Potosí, múltiples especies son bien conocidas y continúan siendo aprovechadas en el medio rural por los grupos mestizos y las etnias. En el estado, los pames, *teenek* y huicholes aún poseen conocimiento etnobiológico sobre la fauna con la que conviven, que requiere ser evaluado y registrado, ya sea por el uso directo que hacen de las especies o mediante ritos y ceremonias. En cuanto a la fauna, son bastantes las especies que les han servido como fuentes de alimento, materias primas, productos y subproductos (colorantes, miel, cera, huevos, plumas, etc.), materiales para trabajo, abrigo, e incluso como mascotas con los que juegan los niños (Conabio, 2019). Además de la coexistencia cotidiana, son muchas las especies de animales nativos que reciben otros usos en el medio urbano: en investigación, como mascotas de compañía, exhibición en zoológicos y acuarios, etc. O bien, mediante su aprovechamiento alternativo no convencional por parte de los habitantes mestizos y empresarios que tienen predios o ranchos privados en los que crían fauna para comercializarla como trofeos de caza, venta y exhibición en zoológicos y acuarios, reproducción para cría en las unidades de manejo de vida silvestre o UMA (Conabio, 2019; Martínez de la Vega *et al.*, 2016).

En cuanto a estas modalidades de uso, hasta 2015 existían en el estado 151 predios registrados como UMA: 61 son intensivas y 90 extensivas (sin tomarse en cuenta circos y zoológicos), y 46 de especies para cacería deportiva (Conabio, 2019; Martínez de la Vega, 1999, 2003; Martínez de la Vega *et al.*, 2016).

Por último, cabe mencionar que, al ser un componente de la biodiversidad, la fauna silvestre es también parte sustantiva del patrimonio natural de las generaciones actuales y futuras de mexicanos habitantes del estado. Es necesaria para el desarrollo de la sociedad y su cultura.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los amigos, colegas y páginas fuente que amablemente proporcionaron fotografías para ilustrar el capítulo: Iván T. Ahumada Carrillo, Herp.mx, Wikipedia.org, Carlos Castañeda Hernández, Raquel Hernández Austria, Guillermo Espinosa Reyes, William Elliot, Robert Mitchell, y José Romeo Tinajero Hernández. Al pie de cada imagen se da el crédito correspondiente.

La clasificación, taxonomía y nomenclatura de las especies de fauna están actualizadas hasta junio de 2023, fecha en la cual los autores entregaron la última revisión. Los posibles cambios ocurridos en los nombres científicos de entonces a la fecha actual no son por tanto responsabilidad de los autores de este capítulo.

Referencias

Álvarez-Castañeda, S. T. N. y González-Ruiz (2007). "Spanish and English Vernacular Names of Mammals of North America", *Therya*, vol. 9, núm. 1, pp. 73-84.

Arenas-Moreno, D. M., F. J. Muñoz-Nolasco, A. Bautista-Del Moral, L. A. Miranda-Rodríguez, S. F. Domínguez-Guerrero y F. R. Méndez de la (2021). "A New Species of *Lepidophyma (Squamata: Xantusiidae)* from San Luis Potosi, Mexico, with Notes on its Physiological Ecology", *Zootaza,* vol. 49, núm. 1, pp. 115-130.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2020). Aves de México: *Lista actualizada de especies y nombres comunes.* México: Conabio.

Campillo-García, G., O. A., Flores-Villela, B. O. Butler, M. Benabib y R. Castiglia (2023). "More cryptic diversity among spiny lizards of the *Sceloporus torquatus* complex discovered through a multilocus approach", *Amphibia-Reptilia*, DOI: 10.1163/15685381-bja10163.

Canales-Delgadillo, J. C., L. Chapa Vargas, J. A. Carlos Gómez y J. Arreola Aguirre (2015). "Nuevos registros de distribución del gorrión de

Worthen (*Spizella wortheni*) en San Luis Potosí, México", *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), núm. 31, pp. 313-317.

Carbajal-Márquez, R. A. y G. E. Quintero-Díaz (2016). "Poblaciones nuevas de *Sceloporus goldmani (Squamata: Phrynosomatidae),* especie considerada extinta", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* núm. 87, pp. 1395-1398.

Castro-Navarro, J., F. J. Sahagún-Sánchez y H. Reyes-Hernández (2017). "Dinámica de fragmentación en la Sierra Madre Oriental y su impacto sobre la distribución potencial de la avifauna", *Madera y Bosques,* vol. 23, núm. 2, pp. 99-117.

Ceballos, G., E. Díaz Pardo, L. Martínez Estévez y H. Espinosa-Pérez (coords.) (2016) *Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción.* México: Fondo de Cultura Económica.

Ceballos, G. y L. Márquez Valdemar (2000). *Las aves de México en peligro de extinción.* México: Conabio / unam, Instituto de Ecología / Fondo de Cultura Económica.

Conabio (2019). *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [Dos volúmenes].

Elliot, W. R. (2018). "The Astyanax Caves of Mexico. Cavefishes of Tamaulipas, San Luis Potosi, and Guerrero. Association for Mexican Cave Studies Bulletin 26. Zebrafish Dkk1 Functions in Forebrain Specification and Axial Mesendoderm Formation", *Developmental Biology*, vol. 217, núm. 1, pp. 138-152.

Espinosa-Reyes, G., D. J. González-Mille, C. A. Ilizaliturri-Hernández, J. Mejía-Saavedra, V. G. Cilia-López, R. Costilla-Salazar y F. Díaz-Barriga (2014). "Effect of Mining Activities in Biotic Communities of Villa de la Paz, San Luis Potosi, Mexico", *BioMed Research International,* 2014, pp. 1-13.

Hernández-Austria, R., U. O. García-Vázquez, C. I. Grünwald y G. Parra-Olea (2022). "Molecular Phylogeny of the *Subgenus Syrrhophus (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae),* with the Description of a New Species from Eastern Mexico", *Systematics and Biodiversity,* vol. 20, núm. 1, pp. 1-20.

Hernández-Saintmartín, A. D. y O. Rosas-Rosas (2014). "Diversidad y abundancia de la base de presas para *Panthera onca* y *Puma concolor* en una reserva de la biosfera de México", *Agro Productividad,* núm. 7, pp. 45-50.

Liner, E. A. y G. Casas-Andreu (2008). *Nombres estándar en español en inglés y nombres científicos de los anfibios y reptiles de México / Standard Spanish, English, and Scientific Names of Amphibians and Reptiles of Mexico,* segunda edición. Ohio: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.

Lowery, G. H. y R. J. Newman (1951). "Notes on the Ornithology of Southeastern San Luis Potosi", *The Wilson Bulletin*, vol. 63, núm. 4, pp. 315-322.

Luna, V. M. I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.) (2004), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez de la Vega, G. (1999). "Bibliografía zoológica comentada del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina,* vol. 14, núm. 2, pp. 41-162.

Martínez de la Vega, G. (2003). "Utilización de la fauna silvestre en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí", tesis de Maestría en Ciencias (manejo de fauna silvestre), Instituto de Ecología, A. C.

Martínez de la Vega, G. (2023). *Mamíferos de San Luis Potosí:* primera edición, digital. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Martínez de la Vega, G., G. García-Marmolejo, J. Luévano-Esparza, R. García-Morales, C. E. Rangel-Rivera y J. A. Ascanio-Lárraga (2016). "La mastofauna en San Luis Potosí: conocimiento, diversidad y conservación", en M. Briones-Salas, Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas y J. E. Sosa-Escalante (eds.), *Riqueza y conservación de los mamíferos en México a nivel estatal.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología / Asociación Mexicana de Mastozoología / Universidad de Guanajuato, pp. 367-404.

Mendoza R., C. Ramírez-Martínez, C. Aguilera González y M. E. Meave del Castillo (2014). "Principales vías de introducción de las especies exóticas", en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 43-73.

Mendoza-Almeralla, C., P. Burrowes y G. Parra-Olea (2015). "La quitridiomicosis en los anfibios de México: una revisión", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* núm. 86, pp. 238-248.

Miranda-Aragón, L., E. J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, M. Pompa-García y C. A. Agui-

rre-Salado (2012). "Modeling Susceptibility to Deforestation of Remaining Ecosystems in North Central Mexico with Logistic Regression", *Journal of Forestry Research,* núm. 23, pp. 345-354.

Navarro, S. A., H. Garza-Torres, S. L. de Aquino y O. Rojas-Soto (2004). "Patrones biogeográficos de la avifauna", en I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. México.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 439-467.

Ochoa-Ochoa, L. M. y O. A. Flores-Villela (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana.* México: Conabio / unam.

Ramírez-Albores, J. E. y L. Chapa-Vargas (2015). "Presence of Exotic Birds in San Luis Potosi City, Mexican Plateau", *Revista Bio Ciencias,* núm. 3, pp. 132-143.

Ramírez-Bautista, A., G. R. Smith, A. Leyte-Manrique y U. Hernandez-Salinas (2013). "No Sexual Size-Dimorphism in the Eastern Spiny Lizard, Sceloporus spinosus, from Guadalcazar, San Luis Potosi, Mexico", *The Southwestern Naturalist,* vol. 58, núm. 4, pp. 505-508

Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales (2014). "List of Recent Land Mammals from Mexico", *Special Publications. Museum of Texas Tech University,* núm. 63, pp. 1-69.

Ramos-Lara, N. y J. L. Koprowski (2014). "Deforestation and Knowledge Gaps Threaten Conservation of Less Charismatic Species: Status of the Arboreal Squirrels of Mexico", *Mammalia,* núm. 78, pp. 417-427.

Reddell, J. R. (1981). "A Review of the Cavernicole Fauna of Mexico, Guatemala and Belize", *Association for Mexican Cave Studies Bulletin 7 / Texas Memorial Museum Bulletin,* núm. 27, pp. 1-330.

Rivera-Muñiz, V., R. Tinajero, J. R. Aguirre-Rivera y H. Reyes-Hernández (2021). "Avances en el conocimiento sobre las aves", en H. Reyes-Hernández, A. Reyes-Agüero y A. Durán-Fernández (eds.), *Desafíos para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa.* San Luis Potosí: Conanp/ uaslp.

Rush-Miller, R. (ed.) (2009). *Peces dulceacuícolas de México.* México: Conabio / Ecosur / Cimac / Desert Fishes Council.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina,* núm. 5, pp. 5-291.

Sánchez-González, L. A. y E. A. García-Trejo (2010). "San Luis Potosí", en R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva y A. T. Peterson (eds.), *Avifaunas Estatales de México.* Pachuca: Cipamex, pp. 199-242.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). "Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo", *Diario Oficial de la Federación,* segunda sección, jueves 30 de diciembre de 2010.

Tepos-Ramírez, M., O. Flores-Villela, J. A. Velasco, C. Pedraza Lara, O. R. García Rubio y R. C. Jadin (2021). "Molecular Phylogenetics and Morphometrics Reveal a New Endemic Jumping Pitviper (Serpentes: Viperidae: Metlapilcoatlus) from the Sierra Madre Oriental of Mexico", *Journal of Herpetology,* vol. 55, núm. 2, pp. 181-191.

Tinajero, R. y A. Partida-Pérez (2016) "La tórtola turca (*Streptopelia decaocto*) en San Luis Potosí, México, con notas sobre su reproducción", *Huitzil,* vol. 17, núm. 1, pp. 145-150.

Tinajero, R., F. Barragán y L. Chapa-Vargas (2017). "Raptor Functional Diversity in Scrubland-Agricultural Landscapes of Northern-Central-Mexican Dryland Environments", *Tropical Conservation Science,* núm. 10, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1177/1940082917712426>.

Tinajero, R. y J. R. Aguirre-Rivera (2020). "Noteworthy Record of the Solitary Eagle (*Buteogallus solitarius*) in the Sierra del Abra Tanchipa, Northeastern Mexico", *The Southwestern Naturalist,* vol. 65, núm. 3-4, pp. 278-282. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-65.3-4.278>.

Thomas, R. A. y J. R. Dixon (1976). "A Re-Evaluation of the Sceloporus scalaris Group (Sauria: Iguanidae)", *The Southwestern Naturalist,* núm. 20, pp. 523-536.

CAPÍTULO 8
LOS RECURSOS NATURALES DEL SUBSUELO (AGUA Y MINERÍA)

José Alfredo Ramos Leal
Janete Morán Ramírez
Briseida López Álvarez

El estado de San Luis Potosí se encuentra ubicado entre las provincias fisiográficas Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental. Sin embargo, debido a sus características físicas, socioeconómicas y culturales, el estado se divide en cuatro regiones, cada una de las cuales representa un escalón altitudinal, de tal manera que uno de los pisos con mayor altitud se distribuye en lo que se denomina Altiplano Potosino (región Altiplano). Comprende regiones como San Nicolás Tolentino, el Valle del Pozo del Carmen, las Llanuras de Peotillos, Pozos de Santa Ana y Vallejo, hasta Matehuala, Sierra de Álvarez, Sierras la Tinaja, el Gorrión, Coronado, Catorce y Valles, con orientación norte a sur, El Salado, Vanegas, Catorce, Venado, San Francisco y las llanuras zacatecanas. Las elevaciones van de 1 400 hasta 2 800 metros sobre el nivel del mar (msnm).

La región Centro se ubica al sur del Altiplano y al oeste de la región Media. Comprende territorios como Sierra de San Miguelito, Santa María, valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con elevaciones de 1 600 a 2 800 msnm.

La región Media constituye un escalón de transición que comprende zonas como Sierra Gorda, sierras del Tablón, Guadalcázar y la Venta, que son parte de la Sierra Madre Oriental, con altitudes de 800 hasta 1 300 msnm.

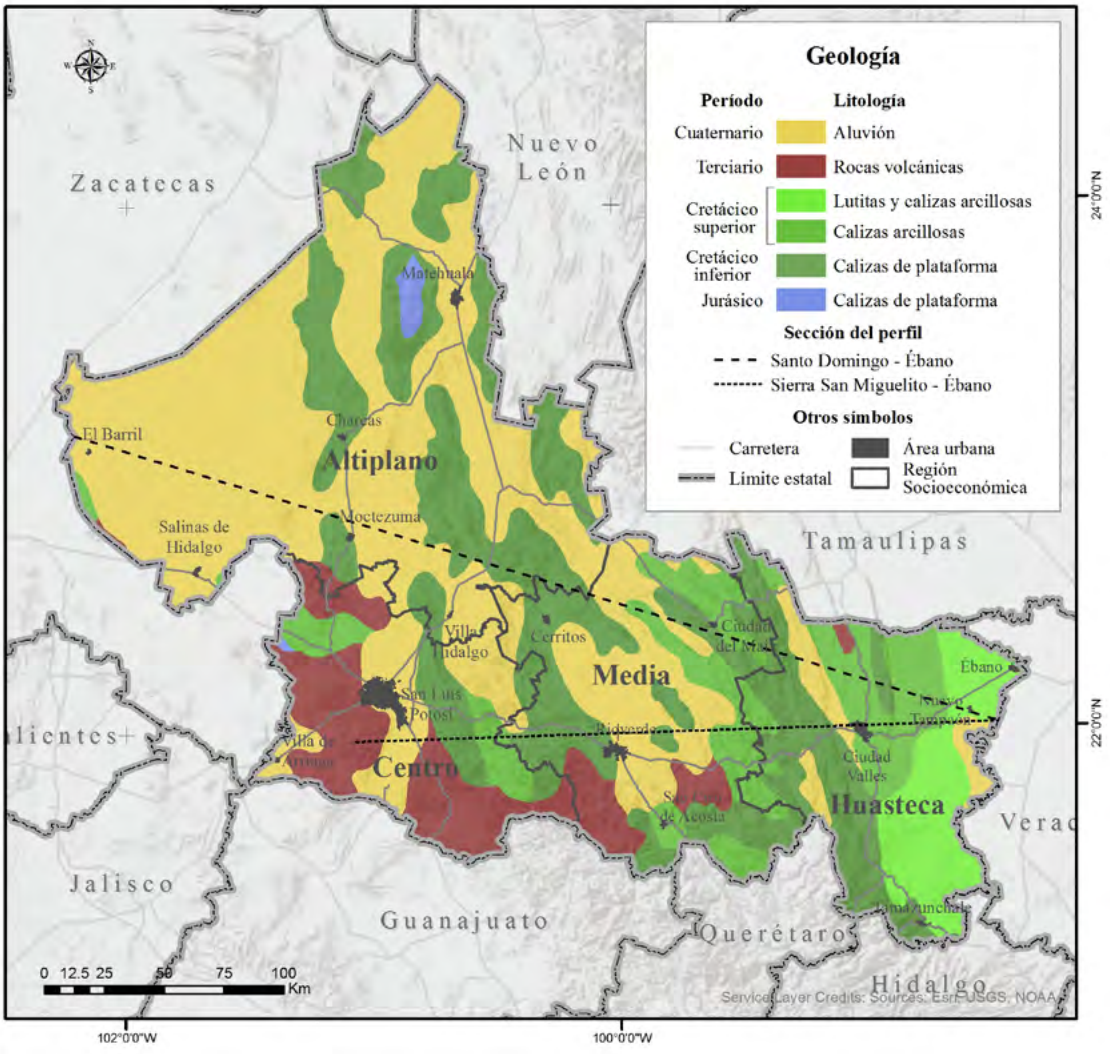
La región Huasteca, en la Llanura Costera del Golfo Norte, es el escalón de menor altitud, con una altura promedio de 100 msnm, y también algunas partes de la Sierra Madre Oriental, con elevaciones de 1 180 msnm.

El estado de San Luis Potosí se encuentra ubicado entre las provincias fisiográficas Llanura Costera del Golfo Norte, la Mesa del Centro y la Sierra Madre Oriental (Nieto-Samaniego *et al.*, 2005). El relieve de cada una de estas provincias es diferente y es el resultado de los diferentes eventos geológicos de tipo orogénico y de la actividad ígnea (vulcanismo), que han ocurrido

durante su evolución geológica. Como resultado, todas estas complejidades de eventos generaron un relieve estructural que ha sido modificado por agentes erosivos, sedimentarios, climáticos, biológicos, hidrológicos, y en algunos casos el agua ha contribuido en los procesos de alteración (suelos residuales), disolución (cavernas y dolinas) y precipitación de minerales. La formación de montañas (orogenia) se inició a finales del Cretácico y principios del Terciario, hace 66 millones de años. En este proceso orogénico se plegaron, fracturaron y produjeron fallas en la secuencia Mesozoica (era de los dinosaurios), que dieron origen a la formación de la Sierra Madre Oriental (Eguiluz *et al*., 2000). Esta cordillera está formada por pliegues anticlinales, sinclinales estrechos y fallas inversas que en algunos casos terminaron en grandes cabalgaduras (figura 8.1). Los efectos del último evento de formación de montañas (duró entre veinte y ochenta millones de años), conocido como Orogenia Laramide; no fueron homogéneos en todo el territorio potosino. Hacia el occidente, en la región que cubre la Mesa del Centro, se generaron pliegues más amplios, y aparecen cubiertos por rocas volcánicas (figuras 8.2 y 8.3); mientras que en la Sierra Madre Oriental se produjeron grandes y elevadas montañas con pliegues más cerrados (Eguiluz *et al*., 2000). En tanto, hacia el frente de la Sierra Madre Oriental se formaron planicies topográficas bajas al pie de montaña. Este contraste topográfico da lugar, a su vez, a la actividad intensa de agentes erosivos, que transportan y depositan materiales sedimentarios del golfo de México (López, 2003).

Después de los esfuerzos compresivos de la orogenia, ocurre una etapa de relajación, es decir, esfuerzos distensivos, en los que se producen fallas normales y en algunos casos la formación de valles tectónicos (graben), como en San Luis Potosí y Villa de Reyes (figura 8.2). En general, la estratigrafía en el estado de San Luis Potosí está formada por rocas que se formaron desde hace más de doscientos millones de años (Triásico) hasta el reciente (Labarthe-Hernández *et al*., 1982). Debido al contraste geológico en el subsuelo en las regiones Altiplano, Centro, Media y Huasteca, fue necesario seleccionar dos perfiles geológicos regionales en donde se muestran estos contrastes que dan origen al contraste de escasez y abundancia del recurso hídrico en las diferentes regiones; asimismo, las condiciones geológicas y climáticas le dan sus características de calidad del agua subterránea. Por otro lado, se justifica la abundancia y tipo de recursos que se generan en las diferentes regiones, y favorecen la diversidad de paisajes del estado.

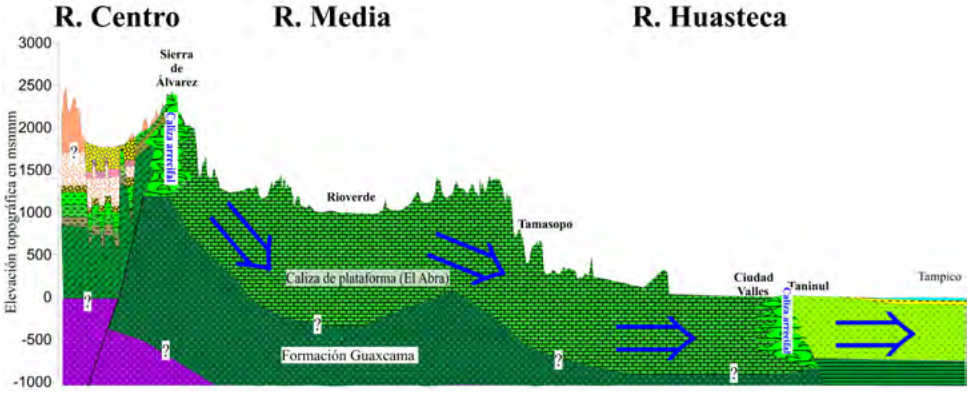
Figura 8.1. Geología regional de San Luis Potosí. 1) Región Altiplano, 2) región Centro, 3) región Media y 4) región Huasteca.



Fuente: Inegi 2017. Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

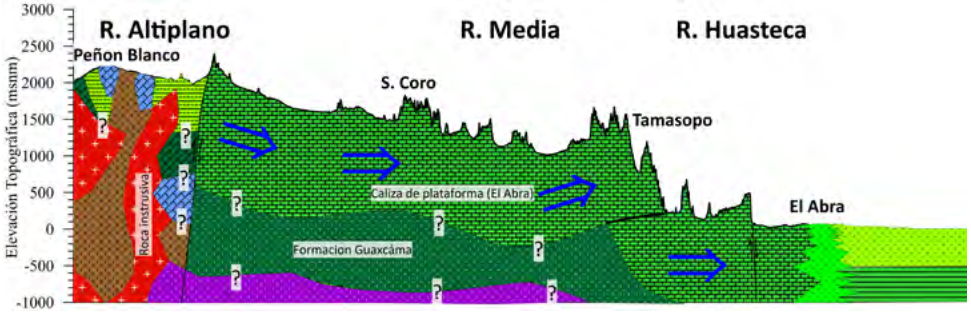
La figura 8.2 se construyó desde la Sierra de Álvarez, que es la parte más elevada de la región Centro y se dirige en línea recta hasta la parte más baja en la región Huasteca, que es donde descarga el agua subterránea. La figura 8.3 se realizó desde la región Altiplano, considerando el Peñón Blanco como su zona más elevada, y se dirige en línea recta hasta el punto más bajo en la Huasteca, que es hacia donde se dirige a descargar el agua subterránea.

Figura 8.2. Sección regional que va de la Sierra de San Miguelito a la Planicie Costera del golfo de México. La elevación topográfica abarca desde un kilómetro de profundidad hasta 2 500 msnm. Se observa en la figura a la Sierra de Álvarez, que funciona como zona de recarga regional y que da lugar a los flujos regionales que descargan en la Huasteca. En el mapa de la figura 8.1 se puede observar el recorrido del perfil (Sierra de San Miguelito a Ébano) que se ilustra en esta sección regional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.3. Sección regional que va de Peñón Blanco a la Planicie Costera del Golfo de México. Se observa que Peñón Blanco, de la región Altiplano, es compleja geológicamente y no hay unidades acuíferas, mientras que en la región del Altiplano los flujos regionales se descargan en la Huasteca. En el mapa de la figura 8.1 se puede observar el recorrido del perfil (Santo Domingo a Ébano) que se ilustra en esta sección regional.

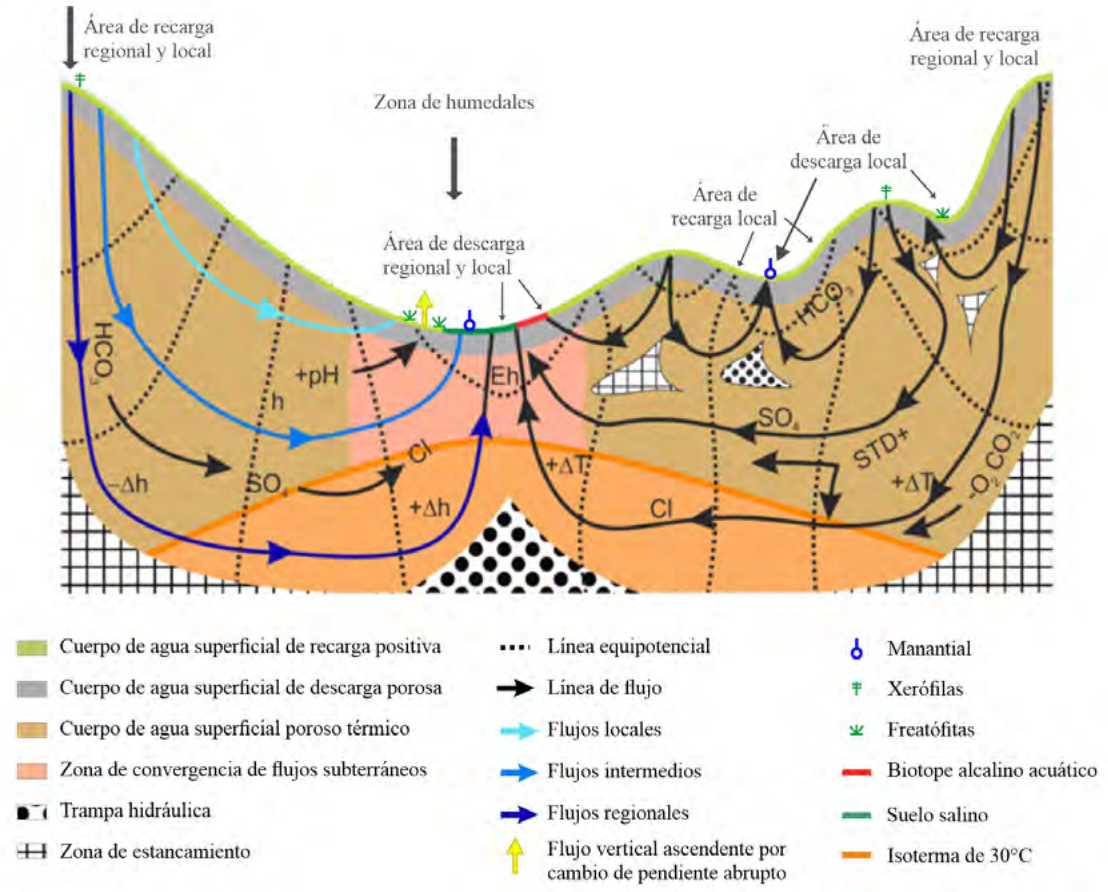


Fuente: Elaboración propia.

Por sus características geológicas, climáticas, hidrológicas e hidrogeológicas particulares, cada región condiciona la dinámica del agua subterránea y su calidad (Noyola-Medrano *et al.*, 2009). Por ello, los diferentes sistemas de flujo no se encuentran en todas las regiones y la calidad del agua subterránea varía para cada región.

Dado que el sistema de redes de flujo de agua subterránea está condicionado, entre otros factores, por la topografía, cuando el relieve local es despreciable, se desarrollan sistemas de flujo regional; y donde el relieve local es pronunciado, se presentan sistemas de flujo local (figura 8.4). De esta forma, las áreas de descarga son topográficamente más bajas, y las áreas de recarga son topográficamente más altas (Tóth, 1999).

Figura 8.4. Sistemas de flujos de agua propuesto por Tóth .



Fuente: modificado de Tóth, 1999.

El diagrama de Tóth (figura 8.4) ejemplifica la evolución del agua subterránea y la relaciona con los flujos. Es decir, los flujos locales se caracterizan por concentraciones bajas respecto a la química de iones (HCO_3^-, SO_4^{-2}, Cl^-, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $Na^+ + K^+$) y sus elementos fisicoquímicos son bajos (sólidos totales disueltos, pH, T °C, conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto es alto y el potencial de óxido reducción es positivo); y conforme el agua del acuífero se infiltra e interacciona con las rocas, estos parámetros aumentan. En los flujos intermedios se tienen concentraciones mayores de los iones y parámetros fisicoquímicos, y en los flujos regionales la concentración de éstos es mayor (sólidos totales disueltos, pH, T °C, conductividad eléctrica, disminuye el oxígeno disuelto y el potencial de óxido reducción se vuelve más reductor). Cabe mencionar que las características de cantidad y calidad del agua subterránea también condicionan las actividades socioeconómicas de cada región. Cuando no se toman en cuenta estas características, se presentan problemas en el abastecimiento del recurso hídrico. Esto ha sucedido en el caso del Valle de San Luis Potosí, donde se presenta un gran desabasto de agua.

La calidad del agua no sólo se relaciona con su pureza, ya que si estuviera pura no sería factible consumirla sin padecer estragos gastrointestinales. Necesitamos las sales y minerales, al igual que los peces, que no podrían vivir sin el oxígeno disuelto en el agua. Por tanto, debemos distinguir entre estos conceptos, la calidad, la pureza y la potabilidad, y esta última se refiere al agua de consumo humano. El agua toma sus componentes iónicos de procesos como la interacción agua-roca, la cual se da de forma natural, e influye la geología del acuífero como parte de la evolución hidrogeoquímica en el agua (figura 8.4). En el estado, las características geológicas son variadas, así como las actividades que en cada región se desarrollan, lo cual influye en la composición y calidad del agua subterránea. Una manera de regular esta calidad es con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (DOF 2000), que establece los parámetros permisibles para considerar un agua como potable y que puede ser consumida por la población. Otra herramienta utilizada para la valoración de la calidad es el índice de calidad del agua (ICA), el cual consiste en la utilización de un algoritmo matemático donde se representan características cualitativas del agua (Couillard y Lefebvre, 1985). La estimación del índice de calidad se obtiene con la evaluación numérica del ICA (cuadro 8.1), con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de peso específico en relación con su concentración (Brown *et al.*, 1970).

Cuadro 8.1. Clasificación del índice de calidad del agua subterránea.

Nivel (%)	*Escala de ICA*	*Uso*	*Código de color*
90-100	Excelente	No requiere purificación para su consumo	Azul
71-9	Aceptable	Requiere purificación menor	Verde
51-70	Levemente contaminada	Dudoso su consumo sin purificación	Amarillo
26-50	Contaminada	Tratamiento de potabilización indispensable	Naranja
0-25	Fuertemente contaminada	No apta para consumo humano	Rojo

Elaborado con base en Brown *et al.* (1970).

Región Altiplano

La región Altiplano forma parte de la llamada Mesa Central Mexicana, cuyas fronteras son las Sierras Madres Oriental y Occidental; y hacia el sur, el Eje Volcánico Transversal. Esta región se caracteriza por tener escasas sierras, abundantes lomeríos y amplios valles (figura 8.5). El Altiplano Potosino está particularmente posicionado en la porción septentrional que se inicia en la Sierra Madre Occidental, cruza las Sierras de la Breña, Fría, de Venado, de Guadalcázar y de Cerritos, y concluye en la Sierra Madre Oriental, al norte de Ciudad del Maíz (Negrete, 2020). La figura 8.3 muestra los diferentes cambios litológicos en el subsuelo de la región Altiplano, en contraste con la litología en las regiones Media y Huasteca; en tanto que la figura 8.5 muestra ejemplos del paisaje de esta región. En esta región, los climas predominantes son los secos o áridos (BS), en menor porcentaje a muy áridos o muy secos (BW), y sólo en pequeñas porciones (sierras) se registran climas templados (CW) (Negrete, 2020). Las precipitaciones en el Altiplano son escasas; oscilan entre 300 y 500 mm por año presentes en el verano.

La vegetación típica del semidesierto del Altiplano es el matorral desértico micrófilo con pastizales, mezquites y especies arbustivas; y en menor proporción, algunas especies de agaves y cactáceas (véase el capítulo 6, "La distribución altitudinal del suelo, la vegetación y la fauna"). También está presente

el matorral desértico rosetófilo con lechuguillas, yucas y especies de cactáceas (Rzedowzki, en Pineda Martínez, 2005; capítulo 6 de esta obra). Esta vegetación está asociada a suelos de origen sedimentario. En suelos de afloramiento ígneo, se presenta matorral crasicaule (cactáceas grandes); además, hay presencia de vegetación halófila que se desarrolla en suelos salinos (Negrete, 2020).

Figura 8.5. Región Altiplano: a) panorámica del paisaje del Altiplano, donde se observa el color blanquecino del caliche; b) suelos gipsófilos en Matehuala. Al fondo se ve el Cerro del Fraile, compuesto por rocas sedimentarias que van del Cretácico al Triásico.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

El paisaje natural en el Altiplano Potosino ha configurado una cultura relevante del desierto. La dinámica dada por las condiciones climáticas, edáficas, morfológicas y ecosistémicas ha propiciado procesos de adaptación de las poblaciones humanas que han vivido en este territorio. Las prácticas y los conocimientos sobre los ecosistemas en el Altiplano han perfilado la producción de medios de vida de tipo campesina. Los núcleos poblacionales con una composición social muy variada, integrada por arrendatarios, jornaleros, pastores, artesanos, arrieros y tejedores, han sido vinculados a las haciendas, como un componente de la organización social y territorial (Sánchez, 2006).

En la historia de esta región existe también una importante actividad minera, donde el componente climático condicionaba los métodos para el beneficio de los minerales, así como la falta de insumos, como el azogue, el plomo, la madera y el carbón (Ávalos-Lozano, 2009). Importantes desarrollos mineros se dieron en los actuales municipios de Catorce, Cedral, Matehuala. La

actividad minera y el uso doméstico de carbón y madera, afectó a las comunidades vegetales de encinos y pinos, lo que significó un cambio en su composición hacia matorrales xerófilos (Barrera, 2013).

Hidrología

La región del Altiplano está inmersa en la Región Hidrológica 37 El Salado, y tiene característica de clima extremo con altas temperaturas, baja precipitación y elevada evapotranspiración. Sobresale la baja precipitación anual (300 a 400 mm) y la carencia de corrientes superficiales perennes. Las corrientes son más bien de tipo intermitente que aparecen en la temporada de lluvias, y su curso es reducido debido a la gran evaporación o porque se infiltran en sus propios depósitos en forma de abanicos y no logran continuar a los valles.

Al norte de la región, los escurrimientos provienen de la Sierra de Catorce y San Bartolo, y sobresalen los arroyos La Maroma, El Astillero y Las Pilas (Conagua, 2020). Al occidente, se presentan pequeñas depresiones que han formado lagunas que durante la temporada de lluvias logran almacenar agua. Sin embargo, por su poca profundidad, el origen de los suelos y la alta evaporación favorecen la formación de depósitos de sales en los cuerpos de agua superficial (Figura 8.6). Ello ha dado lugar a la explotación de sal. Las lagunas El Salitral, Los Hernández, El Barril, Santa Clara, La Mesilla, Laguna Santa Rosa y Salinas, son las que sobresalen en el paisaje hidrológico. En la porción central, los arroyos intermitentes como el de Cañada Verde desciende de la Sierra de Guanamé (Conagua 2020).

Figura 8.6. a) Producción de sal en Salinas Hidalgo y b) elaboración de artesanías de sal en la Hacienda del Peñón Blanco.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Geología

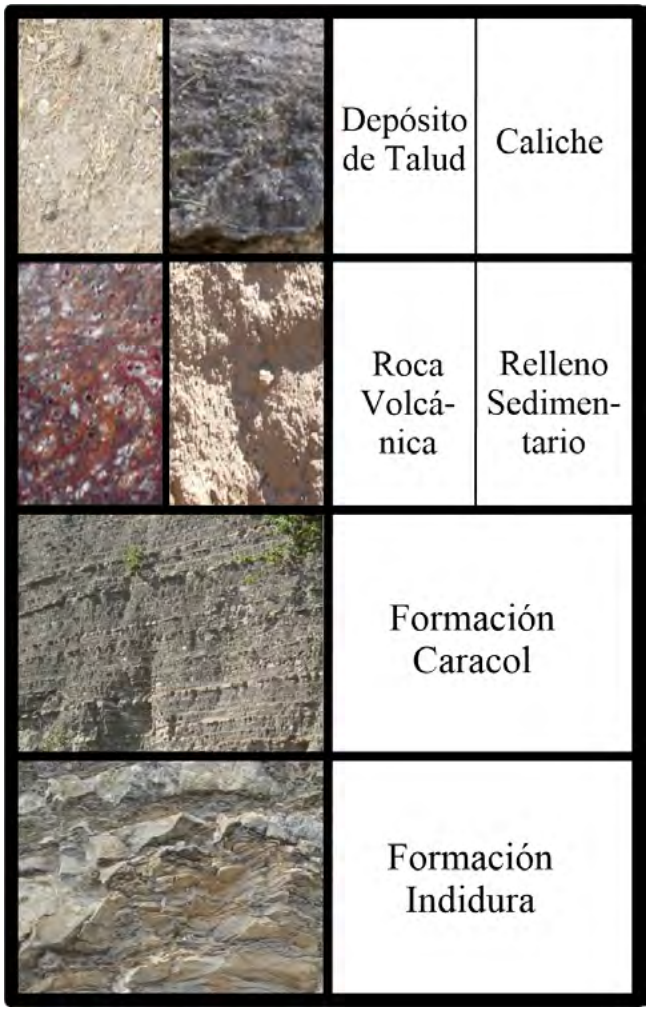
La mayor parte del Altiplano consiste en una secuencia de sedimentos marinos arcillosos, con un espesor aproximado de 6 000 m, depositados en un ambiente de mar abierto y aguas profundas. A este ambiente se le denomina como la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Carrillo-Bravo, 1971). Este ambiente inició con el depósito de caliza de plataforma sobre lechos rojos y rocas volcánicas continentales, la cual durante el periodo del Cretácico pasa de caliza arcillosa a lutita calcárea hasta llegar a la cima de esta secuencia una arcilla con clastos de rocas volcánicas que pertenece a la Formación el Caracol (figura 8.7).

Las rocas cretácicas están cubiertas por depósitos continentales de origen lacustre y fluvial. Esta litología se conforma por una intercalación de limos, arcillas, arenas y caliche de color café claro, amarillo y blanco parcialmente consolidados y caracterizados por su contenido de carbonato de calcio como matriz o cementante. El espesor de estos materiales varía de centímetros a un máximo de veinte metros. El ambiente de depósito de estos sedimentos se debió a su acumulación en lagunas y hondonadas en condiciones favorables para la acumulación temporal de agua, que, al evaporarse, decantan y evaporan las sales contenidas en los sedimentos.

El caliche es un depósito continental caracterizado por precipitación por carbonatos de calcio ($CaCO_3$). Es particular de las regiones semiáridas en las que la acción capilar permite el ascenso de aguas saturadas con carbonato de calcio que, al evaporarse, forma delgadas costras en capas arriñonadas (figura 8.7).

La actividad ígnea en la zona del Altiplano se ha manifestado en el Mesozoico, Cenozoico y Cuaternario, variando de intrusiva a extrusiva, produciendo rocas como dolerita, granodiorita porfídica, dacita y basanita, que afloran en Real de Catorce, La Maroma, Potrero de Catorce y San Juan de Vanegas, respectivamente. La presencia de estas rocas intrusivas produjo en la mayoría de los casos cuerpos mineralizados, como es el caso de Real de Catorce y Cerro de Manganeso.

Figura 8.7. Columna estratigráfica de la región Altiplano. Imágenes representativas de las unidades en la columna (lado izquierdo).



Hidrología

El agua subterránea, al igual que la superficial, es parte del llamado ciclo hidrológico y de ella depende el acceso de una parte importante de la población. Existen áreas en las que por razones climáticas o geológicas es la única fuente de agua. En México, el agua subterránea es la principal fuente de abasto para diversos usos en las zonas áridas y semiáridas. En las zonas tropicales los acuíferos libres constituyen importantes fuentes de agua para la agricultura y para uso doméstico.

El desarrollo de depósitos sedimentarios marinos de cuenca, durante el Cretácico, es la principal razón por la cual no existen grandes acuíferos; aunado a esto, la baja precipitación tampoco contribuye a la recarga de acuíferos en la región del Altiplano. Los depósitos son de estratificación delgada con alto contenido arcilloso, y en ocasiones capas de lutitas calcáreas (figura 8.7). El agua se encuentra principalmente en el relleno sedimentario del Cenozoico que se depositó sobre las rocas cretácicas. Sin embargo, estos depósitos no son muy potentes, pues en general tienen poco espesor y en muchos de los casos son cubiertos por costras de caliche, lo que limita su infiltración y favorece la evaporación, lo que da lugar a aguas salinas.

En la región del Altiplano es posible encontrar principalmente flujos locales debido a que el subsuelo que lo forma está constituido por rocas de permeabilidad baja (figura 8.7).

Minería

En la región del Altiplano, tanto en Matehuala, como en Villa Hidalgo, se aprovecha grava-arena, caliza, arcilla y limolita. En Tierras Negras se extrae oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), antimonio (Sb) y mercurio (Hg).

En Charcas se explota oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu) y zinc (Zn). En Santo Domingo se localiza la Montaña de Manganeso; en El Sabino se extrae manganeso (Mn), oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn), antimonio (Sb) y mercurio (Hg); y en Villa de Ramos se obtiene plata (Ag), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn). En Vanegas y El Salado se obtiene plomo (Pb) y zinc (Zn). En Villa Hidalgo y Villa de Arista se extrae azufre (S), fosforita, arcilla, mercurio (Mg). En las cuencas endorreicas de Villa de Ramos, La Herradura y Laguna de Hernández se aprovecha halita (NaCl), litio (Li), potasio (K) y boratos (BO33-). En las salmueras de Salinas Hidalgo, Vanegas y El Salado se produce, ónix, mármol y barita.

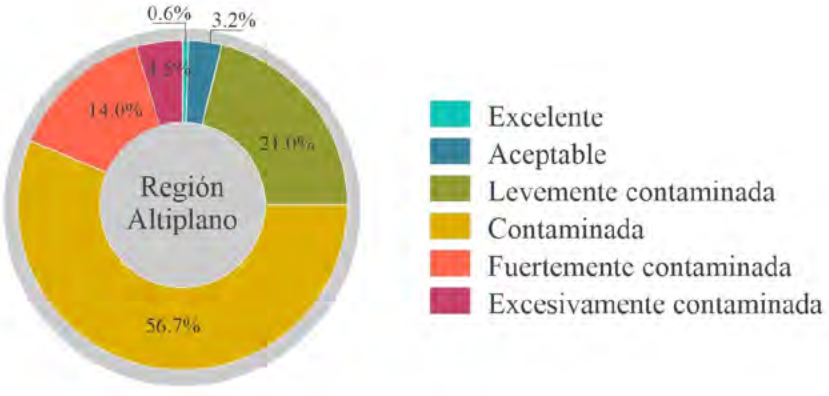
Calidad del agua

En la región del Altiplano el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento, y ésta ha sido enriquecida en cloruros y sulfatos debido a procesos de evaporación y su interacción con algunas rocas de origen evaporítico (figura 8.8).

En la zona del Altiplano el 56.7 % del agua ha sido clasificada por el ICA como agua contaminada, un 21 % como levemente contaminada, el 14 % es fuertemente contaminada, el 4.5 % excesivamente contaminada, 3.2 % aceptable y sólo 0.6 % es de excelente calidad. El agua clasificada como contaminada se debe a la evaporación que le ocurre al agua durante su infiltración o a la interacción del agua subterránea con rocas evaporíticas. En la región este del Altiplano, que comprende los municipios de Santo Domingo, Villa de Ramos y Salinas, es característica la presencia de salmueras que producen un agua clorurada sódica (figura 8.8), mientras que en la región de Cedral y Matehuala hay interacción con yesos, y el agua que se produce es sulfatada cálcica.

Por otro lado, el agua en las regiones con actividad minera tiene presencia de metales, en algunos casos tóxicos, como el arsénico, siendo éste el caso de Matehuala (Gómez-Hernández *et al.*, 2020). En éste, la contaminación es de tipo antropogénico debido a que los jales mineros se encuentran en la superficie y están sujetos a la lixiviación de minerales transportados a las fuentes de agua superficiales, por erosión o de forma eólica, es decir, por viento. El diagrama de la figura 8.8 muestra la clasificación de ICA para la región Altiplano, con un alto porcentaje del agua en condiciones de contaminación y el menor porcentaje corresponde al agua de excelente calidad.

Figura 8.8. Representación gráfica del índice de calidad del agua (ICA) para la región Altiplano.



Región Centro

La región Centro, al igual que el Altiplano, forma parte de la Mesa Central Mexicana, específicamente en la porción meridional. Sobresalen las Sierras de San Miguelito y de Mexquitic, de composición riolítica, con elevaciones que van de 1 700 a 3 100 msnm. El relieve escarpado con cañadas sostiene el bosque de pino y encino, y hacia las llanuras, el paisaje se cubre de vegetación secundaria de matorral xerófilo, y en menor medida agricultura de temporal (Conanp, 2021).

La Sierra de Álvarez, con una elevación aproximada de 2 700 msnmm y de origen calcáreo, presenta sistemas cerriles como el de San Nicolás, Cerro Cortado y de los Caballos. Conectan la vegetación templada del bosque, principalmente de pino-encino, sobre un paisaje kárstico escarpado con algunas áreas de pastoreo y cultivos. En su proximidad a las planicies, la vegetación es representada por matorral xerófilo como crasicaule, matorral submontano y pastizal natural (Arriaga *et al.*, 2000). En la figura 8.2 se muestra una sección que va de la Sierra de San Miguelito a Tampico, y, como se puede apreciar, la sierra funciona como un parteaguas superficial. Sin embargo, debido a que las rocas sedimentarias del Cretácico (color verde) son de baja permeabilidad, no permiten la recarga hacia el acuífero del Valle de San Luis Potosí. El clima seco prevalece en la región Centro, con precipitaciones menores a 500 mm en el verano. El clima semiseco (BS1) está presente en las zonas de mayor elevación, mientras que hacia los valles formados por las sierras el clima es de tipo seco (BS0).

El paisaje natural de la región Centro ha sido transformado desde los primeros asentamientos humanos como resultado del descubrimiento de la mina de oro y plata en el Cerro de San Pedro, en el siglo XVI. Esta actividad extractiva fue la responsable de una gran deforestación para obtener leña para la minería y la población. A la par, ante el creciente centro poblacional y económico para la región, la demanda de alimentos era una realidad, y se desarrolló la agricultura mediante huertos de forma importante a partir del siglo XVII. El auge de la minería no ha sido constante, y a la fecha existe en menor medida, pero la transformación del paisaje ha sido de gran impacto no sólo en lo natural, sino en lo cultural (López-Álvarez *et al.*, 2013).

En la historia más reciente de la región, el desarrollo de la industria manufacturera sobre los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes ha transformado

el paisaje natural a las márgenes de la Sierra de San Miguelito, cambiándola de matorral desértico rosetófilo a un corredor de naves y techumbres industriales. Este proceso de industrialización ha estado aparejado con el crecimiento de la urbanización como parte del proceso económico nacional e internacional, que ha producido ciudades manufactureras en el denominado Bajío (López-Álvarez, 2021)

El impacto más fuerte de estos procesos ha sido sobre el sistema hidrológico, en los cambios en los usos del suelo. El paso de un paisaje natural a uno urbano o industrial ha alterado la cantidad y la calidad del recurso hídrico disponible de forma natural, y limitado su accesibilidad.

Hidrología

El sistema hidrológico de esta región pertenece a la Región Hidrológica 37, denominada El Salado. Esta porción del territorio potosino comparte rasgos climáticos con el Altiplano, y de igual manera no existen grandes escurrimientos superficiales y la precipitación anual (500-600 mm) es ligeramente superior a la del Altiplano. En la porción centro norte, el río Justino nace en Cerro Prieto y luego se une al arroyo Santa Teresa, en el valle de Ahualulco (Conagua, 2020). En el valle de San Luis Potosí, la Sierra de San Miguelito da vida a su principal colector, el río Santiago (Conagua, 2020).

Al sur de la región, el río Santa María cruza la entidad por el municipio de Villa de Reyes y recibe a los arroyos de Enramadas, Fuerte y Tierra Nueva. Este río, afluente del Pánuco, drena el sistema de serranías en algunos valles intermontanos que configuran la topografía del municipio de Santa María del Río (Conagua, 2020).

Geología

En la región Centro, la columna estratigráfica incluye rocas sedimentarias y volcánicas, con predominio de estas últimas, cuyas edades van del Cretácico al Reciente (figura 8.9).

Las rocas sedimentarias del Cretácico corresponden a las formaciones La Peña, Indidura y Cuesta del Cura del Turoniano (Cretácico Tardío). Estas unidades están expuestas hacia la Sierra de Álvarez y algunos escasos afloramientos al norte de Villa de Reyes. En el subsuelo del Valle de San Luis Potosí, estas unidades carbonatadas fueron cortadas en el pozo Rivera a profundidades de 700 m, con un espesor aproximado de 500 m (figuras 8.2, 8.9 y 8.10).

Figura 8.9. Columna estratigráfica de la región Centro.
Imágenes representativas de las unidades en la columna (lado izquierdo).

[Figura 8.10. Estructuras en la Sierra de Álvarez: a) Macizo rocoso de la Formación El Abra, b) acercamiento de un banco de gasterópodos de la Formación El Abra.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Sobre las unidades cretácicas se encuentra la Formación Cenicera del Terciario Temprano, constituida por conglomerados, areniscas, limos y arcillas poco consolidados, con un espesor variable que puede ser de 1 hasta 150 m. Se encuentra expuesta al sur del Valle de San Luis Potosí, y en la parte interna del valle se encuentra a profundidades de 550 a 1 000 m.

Sobre la Formación Cenicera se localiza la Latita Portezuelo, de color gris claro, cuya edad es Oligoceno Tardío. Esta unidad se encuentra aflorando principalmente en la Sierra de San Miguelito, en el Valle de San Luis Potosí. En el subsuelo del valle se localiza a una profundidad de 100 m, con un espesor aproximado de 450 m. La Formación Panalillo que cubre a la Latita Portezuelo y a la Riolita San Miguelito está compuesta por tobas e ignimbritas de color rojizo. En el valle, se encuentra a profundidades de hasta 250 m.

A finales del Cretácico terminaron los esfuerzos compresivos, para iniciarse una etapa distensiva que originó el colapsamiento del valle, el cual fue cubierto por abanicos aluviales compuestos por fragmentos de caliza, pedernal y rocas volcánicas (latitas, basaltos y riolitas; figura 8.11). El espesor de estos depósitos aluviales es de unas decenas de metros. No obstante que el piso del Valle de San Luis Potosí es irregular debido a la presencia de fosas y pilares, éste fue rellenado por material aluvial y lacustre, que cubre discordantemente a las rocas volcánicas del Terciario Medio, las cuales fueron colapsadas, al formarse la fosa tectónica, que originó los valles de San Luis Potosí-Villa de Reyes. Esta unidad tiene un espesor aproximado de 250 m (Tristán, 1986).

Figura 8.11. a) Panorámica de un lomerío formado por riolitas en Santa María del Río, b) afloramiento de la roca volcánica de composición riolítica.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Hidrogeología

En la región Centro, el sistema acuífero Valle de San Luis Potosí es actualmente uno de los más importantes del estado debido a que abastece a la ciudad capital, donde se lleva a cabo el 80 % de la producción estatal. Este sistema también cubre partes de los municipios de San Luis Potosí (SLP), Soledad de Graciano Sánchez (SGS), Mexquitic Carmona, Cerro de San Pedro y Zaragoza. La población total de estos municipios es de 1 122 502 habitantes, y el agua subterránea suministra el 95 % de su agua para diversos usos. En los acuíferos del Valle de San Luis Potosí y Villa de Reyes se extrae agua milenaria (1 300 a 10 000 años de antigüedad) debido a la escasa o nula recarga, por lo cual este depósito de agua debe estar asociada a un flujo regional. Sólo en los pequeños valles es posible tener flujos locales.

Para el caso del Valle de San Luis Potosí, se reconocen principalmente dos acuíferos (Stretta y Del Arenal, 1961; Labarthe y Tristán, 1978a, 1978b; Labarthe *et al.* 1982; Carrillo-Rivera *et al.*, 1992), un acuífero somero y otro profundo. El acuífero somero o freático está formado por depósitos aluviales, y se distribuye principalmente en la parte central de los valles, en donde alcanza espesores de aproximadamente 5 a 40 m (Conagua, 1996). El acuífero profundo está formado por un medio granular en la parte superior y uno fracturado (volcánico) en la parte inferior.

En la parte central del valle (zona urbana), el acuífero profundo (granular) es actualmente explotado por pozos que alcanzan profundidades de hasta 350 m de material sedimentario. El límite superior del acuífero profundo (granular) se encuentra aproximadamente a entre 100 y 150 m de profundidad. El material granular de relleno de la fosa tectónica manifiesta rendimientos de entre 0.003 y 0.035 m3·s-1. Tiene pozos con temperatura de entre 23 y 27 ºC, y valores de conductividad hidráulica en promedio presentados por Carrillo *et al.* (1992) de ≈ 1 x 10-4 m·s-1. Este acuífero está confinado en el centro de la cuenca por una capa sedimentaria poco permeable. El espesor del acuífero granular varía de entre 100 a 200 m.

En la parte central del valle, el acuífero profundo en medio fracturado corresponde a la Latita Portezuelo, que aporta flujos importantes al medio granular. Los pozos que captan la roca volcánica fracturada (formaciones Riolita, Panalillo, Ignimbrita Cantera o Latita Portezuelo) producen entre 0.005 y 0.055 m3·s-1. Las profundidades de su cima alcanzan los 350 m con espesores de hasta 700 m. Los pozos más productores se localizan en las inmediaciones de las zonas de fallas normales que limitan la fosa tectónica, en donde la temperatura del agua subterránea es superior a 33 ºC.

La base de todo el sistema acuífero lo constituye la Formación Indidura, compuesta de calizas arcillosas de muy baja conductividad hidráulica.

La recarga depende de condiciones como precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, vegetación, presencia de capa de suelo, pendiente del terreno y permeabilidad de las rocas. En este sentido, en la zona centro la situación no es nada favorable debido a los cambios de facies de las rocas carbonatadas de la Sierra de Álvarez perteneciente a la Sierra Madre Oriental (figura 8.2). A partir del Valle de los Fantasmas, hacia el golfo de México, predomina la presencia de rocas carbonatadas en facies arrecifales (formación El Abra) y de plataforma (figura 8.2). Este tipo de litología es muy favorable para la recarga de acuíferos en estas unidades. Para el caso del Valle de los Fantasmas, hacia el Valle de San Luis Potosí, las rocas carbonatadas son de facies de cuenca (formaciones Indidura y Cuesta del Cura), con un alto contenido arcilloso (calizas arcillosas). Por tanto, la recarga producida en la Sierra de Álvarez fluye hacia el Valle de Rioverde o en dirección del golfo de México (figura 8.2). Para la zona del Altiplano, esta formación arcillosa funciona como barrera hidrológica (figura 8.3).

Minería

En la región se aprovechan principalmente los yacimientos no metálicos. Se extrae grava, arena, limolita, arcilla y caliza en los municipios de Ahualulco, Armadillo de los Infante y Villa de Zaragoza.

El municipio de Tierra Nueva es conocido por la extracción de pórfidos, mejor conocidos como sangre de pichón (figura 8.12). En el poblado el Aguaje y Escalerillas, pertenecientes al municipio de San Luis Potosí, se extrae toba o cantera. Minerales metálicos como oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), zinc (Zn) y plomo (Pb) se extraían en Cerro de San Pedro, en las cercanías de San Luis Potosí, mientras que productos como fluorita se extraen en la mina Las Cuevas. La explotación minera en Cerro de San Pedro ha generado un movimiento civil en torno a la actividad minera y numerosos estudios sociales y antropológicos sobre estos temas.

Figura 8.12. Lajas de sangre de pichón utilizadas como ornamento y revestimientos de pisos.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Calidad del agua

En la región Centro, el agua circula principalmente por rocas de origen volcánico, por lo que su interacción con este tipo de roca da lugar a agua tipo bicarbonatada sódica. En áreas donde se lleva a cabo una intensa actividad agrícola, se produce una salinización por retorno de riego, y en otros por el uso de aguas residuales en esta actividad.

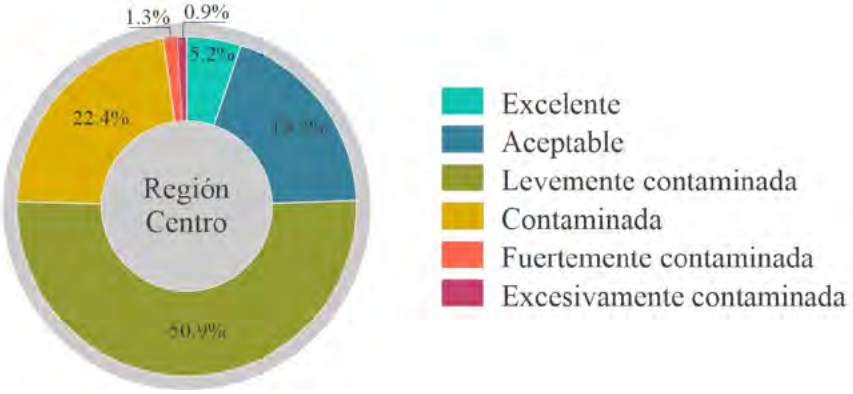
En la zona Centro, el 50.9 % del agua es clasificada como levemente contaminada, un 22.4 % como contaminada, un 19.3 % como aceptable y un 5.2 % como excelente, 1.3 % como fuertemente contaminada y un 0.9 como excesivamente contaminada (figura 8.13).

La clasificación de excesivamente contaminada a contaminada está dada por los acuíferos someros que son afectados por la actividad antropogénica, como es el caso de la zona urbana de San Luis Potosí, donde la actividad industrial, urbana y agrícola impacta de manera directa al acuífero somero. En contraste, los acuíferos de Villa de Reyes y Tierra Nueva se utilizan donde se desarrolla intensamente la actividad agrícola, lo que produce retorno de riego y salinización de suelos.

Cabe mencionar que el agua clasificada como levemente contaminada también incluye la zona que rodea la sierra de San Miguelito, en donde se tienen problemas de flúor, cuyo origen es natural.

En la región Centro, el agua está enriquecida en bicarbonatos y sodio, por lo que es clasificada como bicarbonatada sódica, y en ocasiones cambia a mixta por procesos de contaminación de tipo antropogénico.

Figura 8.13. Representación gráfica del índice de calidad del agua (ica) para la región Centro.



Región Media

La región Media puede verse como una franja de transición entre la planicie y la Sierra Madre Oriental, de terrenos planos con inclinación hacia el sur, de origen desértico-lacustre. En la porción sur de esta región, es visible el sistema montañoso que corre del municipio de Santa María del Río hacia Lagunillas y San Ciro, con cañones profundos por donde fluye el río Santa María (CEFIMSLP, 2012). Estas sierras continúan hacia el norte, donde toma forma la Sierra de Álvarez. Esta cara de la sierra recibe más humedad debido a los vientos provenientes del golfo de México, a diferencia del Valle de San Luis Potosí, donde la humedad no cruza esta barrera orográfica.

La topografía de la región incluye, en la zona centro-suroriental, una planicie, clasificada como llanura de piso rocoso, rodeada por montañas con un importante rasgo fisiográfico, denominada Joya de Luna, que tiene una dirección NNW-SSE, con una elevación del orden de 1 400 msnm. En su extremo sur, se halla la subprovincia o discontinuidad Carso Huasteco, que se caracteriza por presentar relieves y formas cársticas, en la que se han desarrollado sistemas de cavernas, grutas y dolinas (Conagua, 2020).

La geomorfología kárstica está muy relacionada con la disolución de carbonatos; este proceso puede ser en la zona no saturada con la participación de ácido carbónico presente en el agua de lluvia; las grandes concentraciones de materia disuelta en el agua continuarán su flujo y darán origen a las caprichosas estructuras en las cuevas de estalagmitas y estalactitas en la región.

El clima en esta porción de la región Media es seco-semicálido (BS0), y hacia el Valle de Rioverde cambia a semiseco-semicálido (BS1); al sur domina el clima semicálido-subhúmedo (CW). Las precipitaciones oscilan entre los 400 y 700 mm al año; las más altas están asociadas a las sierras que rodean las planicies.

El paisaje en la región Media es característico de valles agrícolas históricos. Las condiciones como el clima, la calidad de los suelos y el relieve regional han tenido un papel importante en la disponibilidad y distribución del agua en las partes bajas de ésta, pero también han hecho posible el riego agrícola (Escobar y Butler, 2013), que hacen de la agricultura la principal actividad productiva.

El control de la tierra y del agua marcó la consolidación y multiplicación de las haciendas del siglo XVIII, y repercutió en el aumento de la producción agrícola destinada al consumo de las ciudades y de los centros mineros próxi-

mos, o para mercados más lejanos, en tanto que la venta de productos de las comunidades indígenas continuó realizándose en pequeñas cantidades y para el consumo de la localidad. En 1902, la región de Rioverde quedó comunicada con el resto del país por medio del Ferrocarril Central Mexicano. A partir de entonces, la agricultura experimentó un cambio favorable (De Gortari-Ludlow, 2009).

A partir de 1970, con el revestimiento de los principales drenes del manantial de la Media Luna, el bombeo de agua subterránea y la creación del distrito de riego 049, se dio lugar al proceso de desecación del valle de Rioverde, con consecuencias como la pérdida de flora y fauna, el agotamiento de manantiales, la disminución de caudales y un descenso generalizado de los niveles freáticos

Hidrología

En la región Media, la precipitación es de aproximadamente 950 mm al año. Pertenece a la Región Hidrológica 26 Río Pánuco, donde no existe ninguna corriente superficial de importancia, sino sólo algunos arroyos de carácter intermitente. El río San Tiburcio es de tipo perenne. Se localiza en la porción sur del acuífero y se origina por la descarga de manantiales en la zona de Puerta del Río (Conagua, 2020).

Al sur de la región, se ubica la cuenca del río Tampaón, cuya corriente principal es el río Verde, el cual se origina a 35 km al oriente de la ciudad de San Luis Potosí. En esta porción de la región existen desarrollos agrícolas beneficiados con aguas de este río y de los manantiales Media Luna y Los Anteojitos (Conagua, 2020).

Geología

En esta región se localiza lo que se conoce como la Plataforma Valles-San Luis Potosí (PVSLP), descrita por Carrillo-Bravo en 1971. La PVSLP es una estructura carbonatada que se desarrolló durante el Cretácico Medio (Carrillo-Bravo, 1971; López-Doncel 2003). La región también se caracteriza por abundantes plegamientos cuya orientación general es de NW-SE y N-S; algunos de ellos presentan rasgos, como fallas inversas (cabalgaduras), resultado de procesos de subducción. La PVSLP es consecuencia de la actividad tectónica del Cretácico. Las rocas de la región fueron afectadas por procesos de compresión y plegamiento conocida como Orogenia Laramide, que dio lugar a anticlinales, sinclinales y grandes cabalgaduras.

Las rocas más antiguas pertenecen a la Formación Guaxcamá (figura 8.15), con un espesor de 6 200 m, que fue registrado mediante una perforación realizada por Pemex y cuya observación es posible hacia el noroeste, en los municipios de Villa Juárez y Cerritos (figura 8.14). Esta unidad representa una secuencia evaporítica distribuida y acomodada en capas de 10 a 45 cm de yesos, anhidritas, dolomitas de color gris claro a gris oscuro, plegadas y fracturadas (Carrillo-Bravo 1971; CRM, 1992). Como resultado de la Orogenia Laramide, existen domos y diapiros constituidos por materiales dúctiles (yesos), componentes de la Formación Guaxcamá (figura 8.14).

Figura 8.14. Región Media: a) Cristales de yesos de la Formación Guaxcamá en forma de hojas, b) Acercamiento de los yesos, donde se observa un bandeamiento debido a la intercalación de capas de yeso y dolomita.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

A esta formación le sobreyacen las formaciones El Abra y Tamabra, en el borde de la plataforma. Sus depósitos son de tipo posarrecifal, con la abundante presencia de corales, clastos de caliza, lodo calcáreo, arcilla bentónica, ocasionalmente conglomerado y arenisca continental. Su espesor varía en un rango de entre 1 000 y 2 600 msnm. Le sobreyace la Formación Cárdenas (Carrillo-Bravo, 1971; López-Doncel, 2003). Los efectos de la Orogenia Laramide generaron sistemas de plegamientos y fallamientos con orientación N-S y NE-SW, sobre los que se ubican estructuras kársticas como la Gruta de la Catedral, El Ángel y La Puente.

Figura 8.15. Columna estratigráfica de la región Media.
Imágenes representativas de las unidades en la columna (lado izquierdo).

La Formación Cárdenas, del Cretácico Superior, fue definida así por Imlay (1940), para referirse a una secuencia de estratos de 10 a 60 cm, conformados por lutita arenosa intercalada con arenisca calcárea de color gris verdoso, que intemperiza a café ocre; la capa de arenisca es de grano fino a medio de color crema (CRM, 1992). El espesor de la Formación Cárdenas varía entre 80 y 100 m. Las rocas más representativas de esta unidad se encuentran en las cercanías de la estación del Ferrocarril Cárdenas (Carrillo-Bravo, 1971; López-Doncel, 2003; CRM, 1992). En la región Media, esta unidad aflora en el municipio de Cerritos, y en menor proporción en la parte sur, en Rioverde. A esta unidad le sobreyacen unidades terciarias tanto sedimentarias como volcánicas (figura 8.16).

Figura 8.16. Región Media: a) Corte de talud en una carretera donde se expone la Formación Cárdenas y b) acercamiento de la Formación Cárdenas; se observa la fisilidad de las lutitas de esta formación.

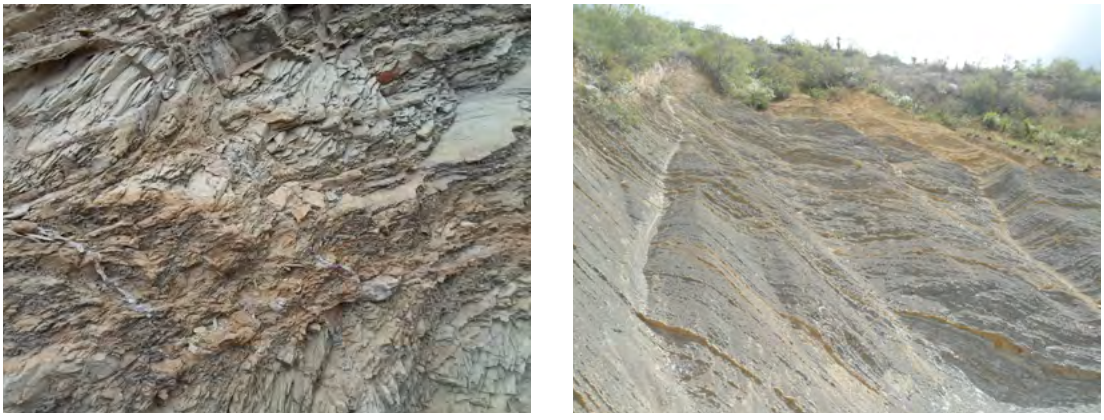


Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Las rocas volcánicas del terciario están compuestas por andesita, dacita, toba ácida, riodacita, riolita, riolita-toba ácida, de las cuales en conjunto no se tiene un espesor aproximado (Carrillo-Bravo, 1971).

Se formó un diapiro en la zona de Guaxcamá, lo que produjo la exposición de los yesos a la superficie, su erosión y su disolución de esta unidad. Los sedimentos yesíferos fueron depositados hacia las partes más bajas de la cuenca, formando extensas planicies en la zona media.

Este paquete conglomerático está constituido por fragmentos mal consolidados, en su mayoría de rocas sedimentarias, con cementante calcáreo y una

matriz arcillo-arenosa. Sus clastos presentan una forma redondeada a subredondeadas con un tamaño que varía desde arenas a cantos de hasta un metro. Su espesor se estima que varía entre 15 y 100 m (Carrillo-Bravo, 1971; CRM, 1992; Conagua, 2015). Se observa su distribución en toda el área de estudio, principalmente alrededor de las calizas de la Formación El Abra.

Los basaltos de color gris oscuro son vesiculares con textura holocristalina intergranular (Carrillo-Bravo, 1971; CRM, 1992). Se puede observar que esta unidad aflora de manera aislada en la parte central del área de estudio.

El aluvión está constituido por depósitos aluviales y fluviales de granulometría muy variada, derivados de la erosión de las rocas y sedimentos de la región. Debido a esto, se pueden distinguir dos tipos de depósitos: químicos y clásticos. Los depósitos químicos están formados por sedimentos de calizas lacustres, caliches y travertinos, mientras que los clásticos provienen de medios lacustres y fluviales con dimensiones de gravas, arenas, limos y arcillas (Carrillo-Bravo, 1971; Hernández, 2008).

Hidrogeología

Basados en las características de permeabilidad de las unidades geológicas de la región Media, se pueden identificar un acuífero somero y un acuífero profundo. Por el tipo de medio en el que se encuentra, se definen tres tipos de unidades hidrogeológicas: granular, fracturada y kárstica.

El acuífero somero es de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, el cual está conformado por un medio granular y un fracturado. El medio granular se encuentra constituido por aluvión y conglomerado; es decir, por material de relleno no consolidado y semiconsolidado, de granulometría muy variada. Cabe resaltar que debido a que el material que la conforma está constituido de los sedimentos erosionados de las diferentes formaciones cretácicas y rocas volcánicas, este medio le confiere propiedades químicas al agua muy variadas, las cuales afectan la calidad de éstas. Se estima que el espesor del medio granular es de aproximadamente 200 m (Ballín-Cortés *et al.*, 2004; Conagua, 2015).

El medio fracturado del acuífero somero está constituido por rocas volcánicas procedentes del Terciario, las cuales presentan porosidad secundaria por fracturamiento (Ballín-Cortés *et al.*, 2004: CEFIMSLP, 2012 ; Conagua, 2015). El acuífero profundo es de tipo semiconfinado y confinado. Hidrogeológicamente, se encuentra en un medio kárstico fracturado, y está constituido por las calizas de la Formación El Abra. Debido a las características de

fracturamiento incrementadas por la disolución que presenta esta unidad, la conductividad hidráulica es elevada. Los manantiales existentes son alimentados exclusivamente con el agua que circula en este acuífero (Ballín-Cortés *et al.*, 2004; Conagua, 2015), así como por la existencia de dos tipos de flujo, uno local y uno intermedio. El flujo local pertenece al acuífero somero y el flujo intermedio pertenece al acuífero profundo (Ballín-Cortés *et al.*, 2004).

Son escasos los ríos, y los más importantes son el nacimiento del río Gallinas y el río Verde, Hondo, El Salto, Rayo del Puerto, Rincón y El Sotolar. El agua subterránea es muy importante, y hay numerosos ejemplos en la región, como el manantial de San Tiburcio (Villa Juárez); el manantial Buena Vista, con agua azufrosa; El Carrizal, El Sabinito y San Bartolo (Huaxcamá); El Nacimiento, de aguas alcalinas y potables (San Diego de Rioverde); el del Ojo de Agua y la Media Luna (Rioverde); los Peroles (al noreste de la cuenca del río Verde); Los Anteojitos, La Virgen, El Álamo, Palma Larga, Las Magdalenas, Agua Sonadora, Charco Azul, Charco Sentado, Carrizalito y la Rosa de Castilla (cerca de San José del Tapanco). Entre los manantiales, están los de Cárdenas y Canoas; el manantial El Nogal, en Lagunillas; el manantial al sur del pueblo de Rayón; el Manantial en Ciudad del Maíz, y el de Tanlacú, en Santa Catarina (figura 8.17).

La Media Luna es un lago localizado en el municipio de Rioverde. La región Media pertenece a la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, en particular a la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales. La topografía de la zona incluye, en la región centro-suroriental, una planicie clasificada como llanura de piso rocoso rodeada por montañas con un importante rasgo fisiográfico en la sierra, que corresponde a la dolina (polje), denominada Joya de Luna, que tiene una dirección NNW-SSE con una elevación del orden de 1 400 msnm. Desde el punto de vista hidrogeológico, la Media Luna representa una importante zona de descarga. El tipo de agua es sulfatada cálcica (Ca-SO_4) debido a su interacción agua-roca con los yesos de la Formación Guaxcamá del Cretácico Inferior. Sus posibles zonas de recarga se localizan en las zonas altas de la Sierra de Álvarez, en donde afloran calizas de la Formación El Abra (figura 8.18).

En general, en la región Media hay escasez de agua debido a que la extracción se lleva a cabo en los acuíferos someros. Sin embargo, existen en el subsuelo acuíferos muy potentes (Formación El Abra) que no son explotados.

Figura 8.17. Manantiales en la región Media: a) manantial Los Peroles y b) manantial Puerta del Río; nótese en el centro de la imagen de color blanquecino los volcancitos de arena, característico del flujo vertical ascendente.

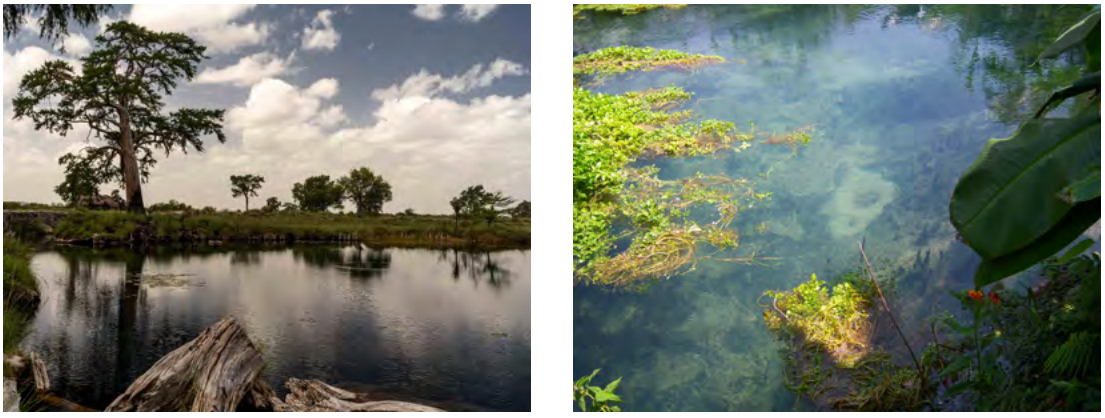


Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Figura 8.18. Estructuras kársticas en la Formación El Abra, a) dolina en Joya de Luna (región Media); se observan en color blanquecino las capas de las calizas de la Formación El Abra; b) formas caprichosas de las estalagmitas dentro de las grutas.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Como se puede ver en la figura 8.2, a partir de la Sierra de Álvarez las rocas que van hacia la zona media son muy permeables (calizas arrecifales y de plataforma), lo que provoca que la mayor recarga sea dirigida hacia la región

Media; prueba de ello es la presencia de manantiales importantes, como la Media Luna, Charco Azul, Los Peroles y Puerta del Río (figura 8.17).

Minería

Las rocas más antiguas en la región Media son de la Formación Guaxcamá, que representa una secuencia evaporítica distribuida en la porción central de la plataforma de Valle-San Luis Potosí. Esta unidad está acomodada en capas de 10 a 45 cm de yesos, anhidritas, dolomitas de color gris claro a gris oscuro, plegadas, fracturadas (Carrillo-Bravo, 1971; CRM, 1992). De acuerdo con datos de Pemex, en la perforación de un pozo se registró un espesor de 6 200 m. En la región Media se puede observar su afloramiento, principalmente en la región noroeste, en los municipios de Villa Juárez y Cerritos.

En esta región son comunes las minas de yeso en localidades como Guaxcamá y Buenavista, en el municipio de Villa Juárez. En minas como La Borreguita y Lote Paola, se extrae yeso y azufre (S), donde el yacimiento es por precipitación química.

En la región de Guadalcázar se localiza un cuerpo intrusivo que dio origen a la región minera de Guadalcázar, en donde se extraen minerales de origen hidrotermal, como oro (Au), plata (Ag), zinc (Zn), antimonio (Sb), estaño (Sn). En este municipio también se aprovechan el yeso, la arcilla y el mármol en el distrito minero La Tapona Núñez.

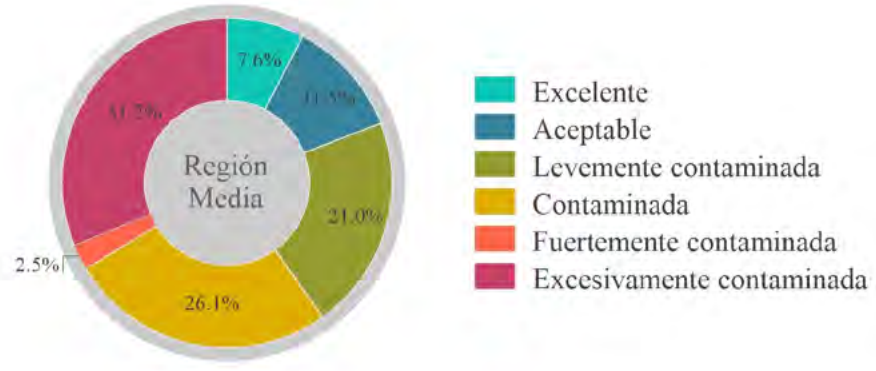
En bancos de material, se extrae grava-arena-caliza en poblados como Cárdenas, Cerritos, San Isidro y Arcilla. El yeso y la anhidrita se obtienen en bancos de material en sitios como Guadalcázar, Pozas de Santa Ana, Rioverde, San José Gallinas y Villa Juárez. La fluorita y la riolita se extraen en el Potrero Santa Gertrudis.

Calidad del agua

Los procesos de contaminación o afectación que producen la mala calidad del agua son originados por la interacción agua roca, en donde el agua circula principalmente por materiales con alto contenido de yeso y anhidrita. Debido a esto, el agua es rica en sulfatos y calcio, por lo que es clasificada como sulfatada cálcica. En algunos casos se tiene circulación de agua en calizas, que da origen a aguas de tipo bicarbonatada cálcica. Aunque la presencia de rocas volcánicas es escasa en la región Media, la interacción de agua con rocas volcánicas produce agua de tipo bicarbonatada sódica. En esta región el agua subte-

rránea se clasifica en un 31.2 % como excesivamente contaminada, un 26.1 % como contaminada, un 21 % como levemente contaminada, un 11.5 % como aceptable, un 7.6 % como excelente y un 2.5 % como fuertemente contaminada (figura 8.19). El agua que va de contaminada a excesivamente contaminada es la que ha interactuado con yesos. Éstas se encuentran principalmente al sur del municipio de Cerritos, Villa Juárez, Rioverde y Ciudad Fernández. La clasificación de levemente contaminada a excelente la encontramos en los acuíferos asociados a calizas y rocas volcánicas, que se extienden principalmente en los bordes cercanos a las zonas montañosas de la región.

Figura 8.19. Representación gráfica del índice de calidad del agua (ica) para la región Media.



El diagrama de la figura 8.19 muestra la clasificación del ica para la región Media, con un alto porcentaje del agua en condiciones de contaminación, y el menor porcentaje corresponde a el agua de excelente calidad.

Región huasteca

La región Huasteca pertenece a la Llanura Costera del Golfo Norte. Se divide en Huasteca Alta, ubicada frente a la Sierra Madre Oriental, donde el relieve es abrupto, escarpado, y los valles son estrechos, con elevaciones de hasta 1 180 msnm; y en Huasteca Baja, hacia la planicie costera, la cual se encuentra en las zonas de menor elevación, con una altura promedio de 100 msnm (figuras 8.2 y 8.3). Su relieve es llano y de bajos lomeríos con un clima tropical.

Hidrología

En la región Huasteca la precipitación anual es abundante y varía de 1 800 a 2 000 mm. Representa una zona de descarga regional vinculada al sistema Plataforma Valles-San Luis Potosí, lo cual da origen a la surgencia del agua subterránea en forma de manantiales que fluyen superficialmente hacia el golfo de México. Entre los límites de la Huasteca Alta y Baja existen un gran número de cascadas, como El Salto, El Meco, Micos, Tamul, El Naranjal, Minas Viejas y Tamasopo. Una característica importante del agua en estos sitios es su color aguamarina, ocasionado por la presencia de sulfatos en el agua. Debido a la presencia de formaciones arcillosas y calizas de estratificación delgadas, se forman manantiales, como El Nacimiento —de Huichihuayán—, Taninul, Tambaque, Coy, la Cueva del Agua, Puente de Dios, El Nacimiento las Quilas y Agua Buena, entre otros.

Geología

En la región Huasteca, se encuentran las unidades geológicas cuyas edades van del Cretácico Inferior al Reciente. Es la zona de menor elevación de la entidad, su relieve es llano y de bajos lomeríos, con un clima tropical. La presencia de unidades arcillosas en la Huasteca Baja da lugar al relieve de tipo llano y de bajos lomeríos, mientras que en la Huasteca Alta la dominancia de la Formación El Abra, del Cretácico Medio, provoca un relieve abrupto y forma estrechos valles (figuras 8.2 y 8.3).

En la Huasteca Baja se encuentra una de las unidades más importantes de la región, que es la Formación Tamaulipas, formada de carbonatos pelágicos de agua profunda y lutitas que se acumularon enfrente de plataformas de arrecifes de aguas someras en el Cretácico Medio, cuya composición es de calizas de estratificación delgada a media (figura 8.20). Esta unidad cambia de forma transicional a la Formación El Abra (figuras 8.2 y 8.3), término aplicado por primera vez por Powers en 1925 (en Carrillo-Bravo, 1971).

En la Huasteca Alta se encuentra la formación El Abra, que se desarrolló en un ambiente de plataforma y creó estratos que van de espesores gruesos a masivos y constituyen el mejor acuífero de la región. Ello se debe a su alta porosidad primaria, durante la formación de la roca y secundaria, ocasionada por el fracturamiento y la disolución de sus capas. En esta región se presenta el paisaje kárstico que se reconoce por la escasez de agua y por las irregularidades características del terreno de esta formación, y da lugar a la creación

Figura 8.20. Columna estratigráfica de la región Huasteca. Imágenes representativas de las unidades en la columna (lado izquierdo). En la base de la columna estratigráfica, se resalta el cambio de facie de la Formación El Abra a la Tamaulipas Superior.

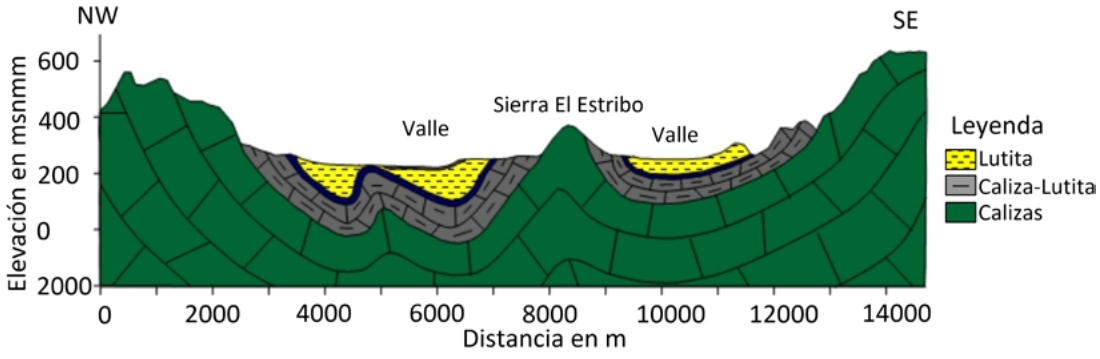
de cuevas, sótanos y grutas como las grandes y espectaculares estructuras conocidas como el Sótano de la Golondrinas, de las Huahuas y el Cepillo, las Cuevas de Mantezulel, del Viento, del Agua, la Olla de la Luz y la Gruta Los Sabinos, entre otras (figura 8.21).

Figura 8.21. Estructuras kársticas en la región Huasteca: a) grutas de Mantetzulel; nótese que parte del techo de la gruta se colapsó, dejando un orificio por donde entran los rayos del sol; b) imagen de formaciones calcáreas, alargadas y puntiagudas localizadas en el techo; se forman por las gotas de agua saturadas en carbonatos que caen del techo formando estalactitas.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Cubriendo a las formaciones del Cretácico Medio se encuentran unidades de menor espesor como la Formación Agua Nueva, compuesta por una estratificación delgada, con nódulos de pedernal negro y limolitas de color verde con abundante glauconita (CRM, 1992) (figura 8.22). La Formación San Felipe, litológicamente, está constituida por calizas margosas con intercalaciones de arcillas bentoníticas, y el espesor estimado para esta formación es del orden 120 m (Muir, 1936). Esta formación cambia tradicionalmente en sentido vertical a la Formación Méndez (que litológicamente consiste de margas con algunas intercalaciones de areniscas hacia su cima), y su edad ha sido determinada como del Santoniano al Maestrichtiano, y se le han estimado espesores que van de los 200 a 300 m (CRM, 1992).

Figura 8.22. Sección geológica representativa de la región Huasteca Alta. Las sierras de mayor elevación se encuentran en la Formación El Abra (verde), mientras que las serranías de menor elevación pertenecen a la Formación Agua Nueva (gris) y, los valles están constituidos por lutitas de las formaciones San Felipe y Méndez (amarillo). La elevación está dada en metros sobre el nivel medio del mar.



Hidrogeología

En la Huasteca Alta, la Formación El Abra se encuentra expuesta, lo cual da lugar a una morfología kárstica que se origina por la disolución de carbonatos, donde se presentan estructuras como dolinas colapsadas (Sótano de las Golondrinas, las Huahuas, el Cepillo, etc.), grutas (Mantezulel, del Viento, del Agua, la Olla de la Luz y la gruta Los Sabinos, etc.). Todas estas estructuras, aunadas al fracturamiento, favorecen la recarga (figura 8.21).

En la Huasteca Baja, los acuíferos se encuentran confinados por las calizas, arcillas y lutitas del Cretácico Tardío y del Terciario. Se localizan a profundidades cercanas a los 600 m. Además, la región es drenada por importantes cuerpos de agua superficiales, que fueron determinantes para la ubicación de asentamientos humanos, como lo atestiguan las ruinas arqueológicas de Tamtoc, Tamohi y Tamuín, entre otras.

En general, el recurso hídrico en la región Huasteca es abundante debido a la presencia de numerosos manantiales y ríos que recorren este territorio (figuras 8.23 y 8.24).

En la región Huasteca es posible encontrar sistemas de flujo local intermedio y regional. Durante su recorrido, estos flujos van interaccionando con las

Figura 8.23. Región Huasteca, con el desarrollo de estructuras en forma de sábanas de color beige debido a la precipitación de carbonatos: a) cascadas de Micos y b) cascadas de El salto.

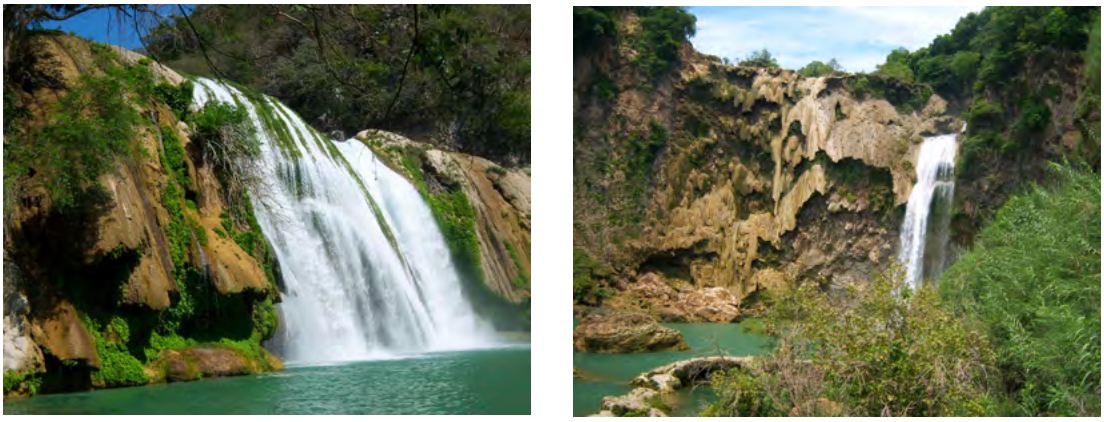


Foto: José Alfredo Ramos Leal.

Figura 8.24. Región Huasteca, presencia de manantiales en estructuras kársticas fracturadas y por cambios en la litología: a) manantial el Nacimiento y b) manantial Tambaque.

Foto: José Alfredo Ramos Leal.

diferentes rocas del subsuelo, de donde adquieren su composición química, con lo cual se caracterizan estos sistemas de flujo.

Las figuras 8.2 y 8.3 inician en las regiones del Altiplano y Centro, que son de mayor elevación, y terminan en la planicie costera del golfo de México, que es de menor altitud. Hidrogeológicamente, esto es muy importante

porque produce un gradiente muy grande, lo que conduce a que se comporte como una enorme vasija inclinada hacia el golfo de México, lo cual da lugar a que la Huasteca sea la principal zona de descarga de la plataforma Valles-San Luis Potosí, lo cual se evidencia por un buen número importante de grandes manantiales.

Minería

En las regiones cercanas a planicie costeras de la región Huasteca se localizan las calizas que forman los campos petroleros de la faja de oro Cárdenas (Carrillo-Bravo, 1971; López-Doncel, 2003). Esta formación ha sido muy importante en el pasado debido a que funciona como roca almacenadora de hidrocarburos, y sobre esta unidad fue perforado el primer pozo petrolero en Ébano.

En la región Huasteca, en Axtla de Terrazas, se localizan las principales minas de minerales no metálicos y bancos de material activos, en donde se explotan grava, arena, arenisca, lutita y caliza. Sin embargo, también hay actividad minera de minerales metálicos y no metálicos en Ciudad Valles, Tamuín y Aquismón. Además, municipios como Ciudad Valles, Cárdenas y Ciudad del Maíz cuentan con depósitos de fosforita, fluorita, mármol, travertinos, dolomita, caliza, arcilla y yeso.

Por otro lado, en la zona de Tamazunchale-Xilitla se encuentran manifestaciones de hidrocarburos sólidos, como la gilsonita, y en los municipios de Xilitla y Aquismón se extrae fosforita, la cual es un insumo para la elaboración de fertilizantes, principalmente, pero también es empleada en productos químicos, industria farmaceútica, detergentes y metalurgia. En esta región son relativamente escasos los yacimientos de minerales metálicos como el oro (Au), la plata (Ag) o el cobre (Cu), aunque existen minerales no ferrosos, como el manganeso, o no metálicos, como el caolín o la fosforita, que tienen concentraciones importantes.

Calidad del agua

El paisaje actual que se ha configurado en la región guarda relaciones directas entre lo natural (geología, topografía y clima) y lo antrópico; ejemplo de esto es la calidad del agua. La composición química del agua subterránea es controlada principalmente por el tiempo y distancia que recorre en el subsuelo y el tipo de material geológico por el cual circula. Sin embargo, esta composición puede alterarse por los usos del agua o por su contacto con procesos de

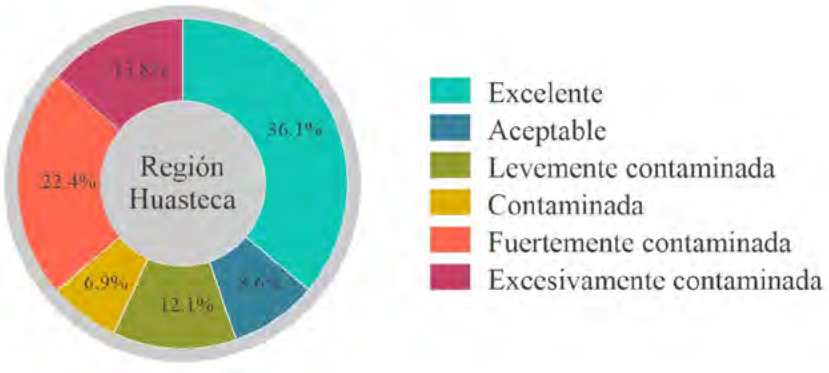
contaminación propiciados por actividades como la agricultura o el mal manejo de residuos líquidos y sólidos en áreas urbanas.

La química del agua subterránea tiene diferencias entre la Huasteca Alta y Baja. En la primera prevalecen los grandes manantiales que provienen de flujos regionales y que circulan por los yesos y carbonatos de la Formación Guaxcamá, del Cretácico Inferior, lo que produce aguas sulfatadas cálcicas. En cambio, los flujos locales sólo circularon por rocas calizas y se producen aguas bicarbonatadas cálcicas.

Por otro lado, las corrientes superficiales son importantes en esta región y en su trayecto cruzan diversos núcleos poblacionales, donde las actividades humanas generan procesos de contaminación. Por medio del índice de calidad del agua (ICA) se ha clasificado al agua de esta región en 36.1 % como excelente, 22.4 % fuertemente contaminada, 13.8 % excesivamente contaminada, 12.1 % levemente contaminada; 8.6 % aceptable y 6.9 % contaminada (figura 8.25).

El agua clasificada como excelente a levemente contaminada se relaciona con manantiales que han interactuado principalmente con calizas y tiene poco impacto de las actividades antropogénicas de la región. El agua clasificada de fuertemente contaminada a contaminada está asociada con sulfatos y nitratos cuyo origen es la interacción del agua con los yesos de la Formación Guaxcamá y el impacto de la actividad antropogénica.

Figura 8.25. Representación gráfica del índice de calidad del agua (ICA) para la región Huasteca.



Consideraciones finales

El estado de San Luis Potosí tiene una gran variedad de climas, que van de ambientes subtropicales a semiáridos. Su geología varía de rocas sedimentarias de origen marino a rocas volcánicas, lo que ofrece un mosaico de paisajes que permiten una rica composición de especies vegetales y animales. La heterogeneidad de su naturaleza origina espacios con abundantes recursos hídricos, como en la región Huasteca, pero también territorios con escasez natural de agua que dan lugar a una rica cultura del desierto, como en la región Altiplano.

La región Media es la zona de recarga, mientras que la Huasteca constituye la zona de descarga del sistema hidrogeológico. En la Huasteca, la presencia de agua tanto superficial como subterránea ha posibilitado el desarrollo de la agricultura y la actividad turística. Mientras, en la región Altiplano resalta la actividad minera, con la extracción de metales, en tanto que en la Huasteca destaca la producción de hidrocarburos.

La región Centro se caracteriza por la presencia de valles tectónicos limitados por rocas volcánicas.

Los primeros asentamientos humanos en las regiones Media y Huasteca fueron motivados por la abundancia de agua, mientras que en el Altiplano, a partir de la época colonial, los poblados ocurrieron por la actividad minera.

Referencias

Arriaga, L., J. M. Espinoza-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, L. Gómez-Mendoza y E. Loa-Loza (coords.) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México (RTP 98 Sierra de Álvarez).* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_098.pdf>.

Ávalos-Lozano, J. A. (2009). "Formación de paisajes mineros en el Altiplano Potosino: siglos XVIII y XIX", tesis de doctorado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Ballín Cortés, J. R., A. Cardona y R. Cisneros Almazán (2004). *Evaluación del impacto agrícola sobre el agua subterránea de la zona de Rioverde, SLP. Folleto técnico 628.114 B3E9.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas.

Barrera de la Torre, G. (2013). "El paisaje de Real de Catorce: un despojo histórico", *Investigaciones Geográficas,* núm. 81, pp. 110-125. <https://doi.org/10.14350/rig.32707>.

Brown, R. M., N. I. McCleland, R. A. Deininger y R. Tozer (1970). "A Water Quality Index - Do We Dare?", *Water and Sewage Works,* vol. 117, núm. 10, pp. 339-343.

Carrillo-Bravo, J. (1971). "La plataforma Valles San Luis Potosí", *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros,* núm. 13, pp. 1-112.

Carrillo-Rivera, J. J., I. D. Clark y P. Fritz (1992). "Investigating Recharge of Shallow and Paleo-Groundwaters in the Villa de Reyes Basin, slp, Mexico, with Environmental Isotopes", *Applied Hydrogeology,* núm. 1, pp. 35-48.

cefimslp (2012). "Rioverde, S.L.P. Monografías de los municipios de México. San Luis Potosí". Coordinación estatal para el fortalecimiento institucional de los municipios. Gobierno del Estado de San Luis Potosí 2009-2015. http://www.cefimslp.gob.mx/monografias_municipales/2012/rioverde/files/rioverde.12.pdf >.

Conagua (1996). "Estudio hidrogeológico de la contaminación del agua subterránea en la zona industrial de San Luis Potosí, slp. Reporte técnico". México: Comisión Nacional de Agua / Geo Ingeniería Internacional, S.A. de C.V.

Conagua (2015). "Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero de río Verde (2415), estado de San Luis Potosí". México: Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104281/DR_2415.pdf>.

Conagua (2020). "Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Ahualulco (2415), estado de San Luis Potosí". San Luis Potosí: Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Información. <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/sanluispotosi/DR_2415.pdf>.

Conanp (2021). "Estudio previo justificativo para la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/1.%20EPJ%20Sierra%20de%20San%20Miguelito%2028ene2021_reduc.pdf>.

Couillard, D. e Y. Lefebvre (1985). "Analysis of Water Quality Index", *Journal Environmental Management,* núm. 21, pp. 161-179.

crm (Consejo de Recursos Minerales) (1992). "Monografía geológica minera del estado de San Luis Potosí", publicación M-3e. México: Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas e Industria Básica.

Diario Oficial de la Federación (2000). "Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", 22 de noviembre. México: Secretaría de Salud.

Eguiluz de Antuñano, S., M. Aranda García y R. Marrett (2000). "Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana,* núm. liii, pp. 1-26.

Escobar Ohmstede, A. y M. Butler (coords.) (2013). *Mexico in Transition. New Perspectives on Mexican Agrarian History, Nineteenth and Twentieth Centuries.* México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.

Gómez-Hernández, A., R. Rodríguez, A. L. del Río, E. A. Ruiz-Huerta, M. A. Armienta, P. Dávila-Harris y N. Martínez-Villegas (2020). "Alluvial and Gypsum Karst Geological Transition Favors Spreading Arsenic Contamination in Matehuala, Mexico", *Science of the Total Environment,* núm. 707, pp. 135-340. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135340>.

Gortari-Ludlow, N. de (2009). "Agua y tierra en la cuenca del río Verde, slp, México, y sus diferentes regímenes jurídicos, siglos xvi-xviii", tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Hernández Martínez, J. L. (2008). "Efecto de la evolución geoquímica en la calidad del agua subterránea en la porción central de la zona Media del Estado de San Luis Potosí", tesis de doctorado, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Imlay, R. W. (1940). "Neocomian Faunas of Northern Mexico", *Geological Society of America Bulletin,* núm. 51, pp. 117-190.

inegi (2017). Conjunto de datos geológicos vectoriales de San Luis Potosí, escala 250,000, serie I. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Labarthe-Hernández, H. G. y G. M. Tristán (1978a). *Cartografía geológica hoja San Luis Potosí. Folleto técnico 59.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia.

Labarthe-Hernández, H. G. y G. M. Tristán (1978b). *Cartografía geológica hoja San Francisco, SLP. Folleto técnico 68.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia.

Labarthe-Hernández, H. G., M. Tristán-González y J. J. Aranda-Gómez (1982). *Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí. Folleto Técnico 85.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia.

López de Llergo, R. (2003) "Principales rasgos geográficos de la república mexicana", *Investigaciones Geográficas,* núm. 50, pp. 26-41.

López-Álvarez, B. (2021). *Transformación espacial del valle de San Luis Potosí y la presión sobre los sistemas naturales.* San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.

López-Álvarez, B., J. A. Ramos-Leal, J. Morán-Ramírez, A. Cardona-Benavides y G. Hernández-García (2013). "Origen de la calidad del agua del acuífero colgado y su relación con los cambios de uso de suelo en el Valle de San Luis Potosí", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana,* vol. 65, núm. 1, pp. 9-26.

López-Doncel, R. (2003). "La Formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noreste de México", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas,* vol. 20, núm. 1, pp. 1-19.

Muir, J. M. (1936). "Geology of the Tampico Region, Mexico", *American Association of Petroleum Geologists Memoir,* pp. DOI: https://doi.org/10.1306/SV8338

Negrete Sánchez, L. O. (2020). "Los agostaderos del Altiplano Potosino y la desertificación", *Universitarios Potosinos,* núm. 246, pp. 10-15. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Dieciseis/246/246-02.pdf>.

Nieto-Samaniego, Á. F., S. A. Alaniz-Álvarez y A. Camprubí Cano (2005). "La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana,* vol. LVII, núm. 3, pp. 285-318.

Noyola-Medrano, M. C., J. A. Ramos-Leal, E. Domínguez-Mariani, L. F. Pineda-Martínez, H. López-Loera y N. Carbajal (2009). "Factors Giving Rise to the Mining of Aquifers in Arid Environments: Case San Luis Potosí Valley", *Mexican Journal of Geological Sciences,* núm. 24, pp. 395-410.

Pineda-Martínez, L. F. (2005). "Descripción del clima y modelación numérica de fenómenos meteorológicos en San Luis Potosí, México", tesis de doctorado, Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina,* núm. 5, pp. 5-291.

Sánchez Montiel, J. C. (2006). "De poblados de hacienda a municipios en el Altiplano de San Luis Potosí", *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México,* núm. 31, pp. 57-81. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26202006000100057&lng=es&tlng=es>.

Stretta, E. J. M. y R. del Arenal (1961). *Carta geohidrológica provisional de la Cuenca de San Luis Potosí. SLP, México.* Roma: Instituto de Ciencia Aplicada / Sección de Hidrología y Misión de Geohidrología de la Unesco / Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.

Tóth, J. (1999). "Groundwater as a Geologic Agent: An Overview of the Causes, Processes, and Manifestations", *Hydrogeology Journal,* vol. 7, núm. 1, pp. 1-14.

Tristán, G. M. (1986). *Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes en los Estados de San Luis Potosí y Guanajuat. Folleto técnico 107.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología.

LA CONSERVACIÓN Y EL MANEJO DE LA DIVERSIDAD Y EL PAISAJE

CAPÍTULO 9
LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD

Patricia Moreno-Casasola
Sergio Guevara Sada
José Alfredo Ramos
Arturo De-Nova
Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Roberto C. Monroy Ibarra

Ante los nuevos escenarios ambientales producidos por el uso del suelo y el cambio climático, hoy en día, la conservación de la biodiversidad es el mayor desafío para el desarrollo. Los instrumentos multilaterales, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), destacan a la biodiversidad como un asunto de trascendencia mundial, muestran la inminencia de su deterioro y reconocen su influencia en el bienestar humano.

El bienestar depende de varios factores y condiciones ambientales, además de los recursos naturales disponibles. Aunque, sin duda, se basa directamente en la calidad de los productos agrícolas, ganaderos y silvestres que se consumen. Ello explica la relación positiva que hay entre el crecimiento de la población y la superficie del territorio dedicado al cultivo de especies de plantas y animales domesticadas.

El maíz, como otros cultivos, es un sistema dinámico y continuo. Esto significa que su polinización es libre y que las semillas son intercambiadas entre los agricultores, y así se mantienen, truecan y experimentan con semillas propias o de otros vecinos de la misma localidad o de regiones distantes. Esto, aunado a la gran diversidad de ambientes en los que crece —desde el nivel del mar hasta más de 3 000 msnm y en climas secos y lluviosos, cálidos y templados— ha permitido a los agricultores de regiones indígenas o mestizas que sus conocimientos y experiencias hayan adaptado y mantenido una gran diversidad de maíces nativos. En América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz, de las cuales 64 (29 %) se han identificado para México, y 59

de ellas pueden considerarse nativas (https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz).

Algo similar ha ocurrido con muchos otros cultivos. Cuando se trata de biodiversidad, también se debe incluir esta agrodiversidad. Y algo así ha sucedido asimismo con los animales domesticados.

El rendimiento de los agrosistemas depende de la fertilidad del suelo, de la fauna que descompone la materia orgánica y libera los nutrientes minerales; de los polinizadores de especies silvestres asociadas y de los depredadores de plagas; de la capacidad de retención del agua de lluvia y de su filtración a los mantos freáticos; de la captura de CO_2 y de su transformación en biomasa vegetal y carbono en el suelo, entre otros factores.

A estas condiciones del ambiente, que son indispensables para el bienestar, para el buen vivir y para garantizar nuestra supervivencia, de manera directa e indirecta, se les denomina servicios ambientales o ecosistémicos. El concepto fue definido por Daily *et al.* (1997), en referencia a las condiciones y procesos por medio de los cuales los sistemas naturales y las especies que los componen sustentan y mantienen la vida humana. Pero fueron Costanza *et al.* (1997) quienes puntualizaron que los servicios que presta un ecosistema son los beneficios que la población humana obtiene de él directa o indirectamente. Estos servicios incluyen el mantenimiento de las especies de plantas y animales, así como la producción de bienes y recursos naturales: agua dulce, oxígeno, pesca, frutos, madera, fibra natural y productos farmacéuticos.

Hay otros servicios que proporcionan los ecosistemas y que son fundamentales para la vida en la tierra: las especies para el cultivo, la medicina e industria, la polinización de cultivos y vegetación natural, la generación y mantenimiento de suelos y su fertilidad, la purificación de agua y aire y la regulación de inundaciones, entre otros. El bienestar del ser humano está ligado a todos ellos.

Algunos de los bienes y recursos proporcionados por los ecosistemas son aprovechados por particulares y entidades privadas, y por la economía tradicional, por lo que su valor económico es fácilmente cuantificable en el mercado. En cambio, otros servicios de uso indirecto son importantes por sus aportaciones al bienestar de la sociedad, pero su evaluación es muy difícil de llevar a cabo debido a que su uso no genera competencia ni rivalidad para su consumo, y generalmente es difícil o imposible excluir a alguien de disfrutarlos, ya que se catalogan como de interés público y propiedad pública, de interés

gubernamental o recursos de uso común; por ejemplo, el esparcimiento y la contemplación de la naturaleza.

Los servicios ambientales se dividen en cuatro grupos o categorías, en función de su papel:

- Aprovisionamiento. Proporcionan servicios que proveen de recursos como alimentos (cultivos y especias, alimentos silvestres como frutos, raíces, flores, la pesca y la cacería), productos farmacéuticos, bioquímicos e industriales, energía (combustibles fósiles, biomasa como la leña, fuerza hídrica).
- Regulación. Procesos que mantienen la vida en la tierra: secuestro de carbono y regulación del clima, descomposición de residuos y detoxificación, purificación del agua, polinización de cultivos, control de plagas y enfermedades, entre ellos, depredadores de cultivos.
- Soporte. Mantienen las funciones de los ecosistemas y de la vida en general, entre ellas la producción de alimentos. Incluyen el reciclamiento y dispersión de nutrientes, la dispersión de semillas, la productividad primaria.
- Servicios culturales. Desarrollo personal, como la inspiración, la cultura, el desenvolvimiento intelectual y espiritual, las experiencias recreativas (incluyendo ecoturismo) y la generación de conocimiento científico.

El esquema de la figura 9.1 muestra la relación entre los distintos tipos de servicios ambientales y el bienestar humano. El recuadro de la izquierda indica los distintos tipos de servicios, y el recuadro de la derecha los componentes del bienestar humano, que son la seguridad, los materiales base para una buena calidad de vida, la salud, las buenas relaciones sociales y la opción para escoger y actuar (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Éstos son los elementos que se consideran necesarios para que los seres humanos sean felices y tengan una buena calidad de vida. La afectación o alteración de los ecosistemas que repercute en su capacidad para proporcionar servicios ambientales afecta la calidad de vida de los pobladores y su bienestar.

A pesar de los avances tecnológicos, la humanidad depende indiscutiblemente de la naturaleza. Los servicios ecosistémicos son un ejemplo, y por ello es fundamental entender por qué se debe conservar la naturaleza, es decir, el funcionamiento de sus ecosistemas y la biodiversidad. El cambio climático altera el funcionamiento de los ecosistemas y pone en riesgo los servicios que proporcionan (IPCC, 2021). El uso excesivo de insecticidas para la agricultura

Figura 9.1. La figura muestra los distintos tipos de servicios ecosistémicos y los elementos del bienestar humano. Se indican los vínculos entre ambos y se subraya la importancia o magnitud de los vínculos entre las categorías de servicios ecosistémicos y los componentes del bienestar humano (grosor de las flechas). Se incluyen indicaciones del grado o potencial en que es posible que los factores socioeconómicos afecten dicho vínculo o interconexión (con base en el color de las flechas). Por ejemplo, si es posible comprar un sustituto para un servicio ecosistémico degradado, entonces el potencial de mediación es alto. La intensidad de los vínculos o conexiones y el potencial de mediación difieren entre ecosistemas y entre regiones.

Basado en Millenium Ecosystem Assessment (2005).

ha diezmado las poblaciones de abejas, y hoy en día hay grandes zonas donde no polinizan los cultivos; se ha perdido la polinización de las abejas y en varias regiones del mundo se rentan enjambres para llevar a cabo esta función. El cambio de clima también ha afectado a las poblaciones de otras abejas y avispas nativas que también son polinizadores (Samways *et al.*, 2020).

Muchas poblaciones de plantas y animales sufren el impacto producido por las actividades humanas y por las transformaciones que está induciendo el cambio global. Hoy se enfrenta una crisis planetaria (Ripple *et al.*, 2020; Bradshaw *et al.*, 2021; IPCC, 2021) que debe llevar a una reflexión de cómo enfrentar y aprender a vivir en esta nueva situación, es decir, cómo el ser humano puede adaptarse al cambio, pero también cómo percibir, conducirse y actuar para detenerlo y restaurar los ecosistemas perturbados.

La biodiversidad de méxico

México está considerado como un país megadiverso. Es uno de los diecisiete países que tienen la mayor diversidad de animales y plantas, pues posee casi el 70 % de la diversidad mundial de especies (considerando los grupos más conocidos: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, además de plantas vasculares). El criterio de mayor peso para ser considerado como un país megadiverso es la cantidad de especies, géneros y familias endémicas que hay en su territorio, lo cual significa que tienen una distribución restringida. Un país, para merecer la designación de megadiverso, debe tener por lo menos 5 000 especies endémicas de plantas.

En América, los países megadiversos son México, Colombia, Brasil, Ecuador, Perú, Venezuela y Estados Unidos. Desde el punto de vista de la riqueza de especies, el territorio mexicano ocupa el quinto lugar en el mundo en diversidad de plantas vasculares y de anfibios, el tercero en mamíferos, decimoprimero de aves y segundo de reptiles (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Conabio, s.f.).

La riqueza de México se debe a: i) se encuentra en la transición entre la región Neártica (boreal o templada-fría del norte) y la Neotropical (cálida-lluviosa sudamericana), ahí donde se combinan faunas y floras con diferentes historias evolutivas; ii) su geografía incluye dos grandes penínsulas y está surcado por dos altos macizos montañosos que se extienden de norte a sur a lo

largo de cada litoral; los paisajes montañosos le dan diversidad en sus suelos y climas; iii) cuenta con más de 11 000 km de costas, con planicies costeras que van del sur al norte; iv) está casi completamente rodeado de mares; y v) tiene una gran extensión, ocupa el lugar decimocuarto con 1 972 550 km². México posee alrededor de 11 % de las especies conocidas, a pesar de que su superficie representa 1.5 % del área terrestre del mundo (Conabio, 2006; Sarukhán *et al*., 2009).

Aunado a esa biodiversidad, en el territorio mexicano se hablan 66 lenguas indígenas, y es uno de los principales centros de domesticación de plantas en el mundo, con lo cual se contribuye a la riqueza cultural, a la riqueza natural y a la biodiversidad (Conabio, s.f.).

La biodiversidad de San Luis Potosí

El estado de San Luis Potosí fue una de las primeras regiones de México en ser explorada y estudiada desde el punto de vista botánico y de la vegetación. Jerzy Rzedowski, botánico mexicano, recorrió su territorio desde la década de los cincuenta y llevó a cabo varios trabajos acerca de San Luis Potosí. Tal vez el más destacado es *La vegetación del estado de San Luis Potosí*, estudio extraordinario que identificó trece tipos de vegetación y describió de manera magistral su flora, sus formas biológicas y afinidades biogeográficas (Rzedowski, 1965).

El estado cuenta con una gran diversidad biológica y ocupa el noveno lugar nacional en biodiversidad (Flores-Villela y Gerez, 1994) debido principalmente a que su territorio se ubica en la transición de las dos regiones biogeográficas del continente, la Neártica y la Neotropical. También, a sus valores geológicos y geomorfológicos de gran importancia en el estado, algunos de los cuales forman parte de las áreas protegidas, aunque no siempre han recibido una valoración *per se*.

En *La biodiversidad de San Luis Potosí*, editada por la Conabio (2019), se hace un análisis muy completo de la biodiversidad del estado. En esta obra también se incluye información al respecto en los capítulos 1, "El paisaje potosino"; 6, "La distribución altitudinal del suelo, la vegetación y la fauna"; 7, "La fauna", y 8, "Los recursos naturales del subsuelo". Asimismo, el estado posee una gran variedad de ecosistemas y paisajes en los matorrales (desértico micrófilo, desértico rosetófilo, crasicaule y submontano), el chaparral, el mez-

quital, los pastizales (natural y cultivado), los bosques (pino, pino-encino, encino-pino, encino, táscate y mesófilo de montaña) y selvas (baja caducifolia, mediana subperennifolia y alta perennifolia), y en la vegetación halófila, tular y palmar. Muchos de estos ecosistemas son necesarios para el paso de la fauna y la flora, proceso que se conoce como conectividad (véase el capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad").

La diversidad biológica constituye el componente más importante del capital natural del estado. Mediante ella se configuran y mantienen múltiples procesos que resultan benéficos para la sociedad, como son la provisión de alimentos (capítulo 10, "Las especies de uso tradicional"), la regulación del clima, el reciclaje de nutrientes e incluso la recreación (Martínez de la Vega y Flores-Rivas, 2019). Es la base para el desarrollo sustentable y el bienestar de la población. Como subraya De-Nova (2018), es un patrimonio que los potosinos deben conservar. Cruz-Angón y Cruz-Medina (2019) contabilizaron un total de 6 997 especies para el estado de San Luis Potosí, número de especies que significa una riqueza importante en el contexto de país. Las aves de San Luis Potosí representan el 46.8 % de las del territorio nacional, los odonatos el 42.7 %, los mamíferos el 28.7 %, las gimnospermas el 26 % y las angiospermas el 16.7 % (Cruz-Angón y Cruz-Medina, 2019; Undiano y Carrasco, 2019).

Hay un alto grado de endemismos en el territorio: 336 especies vegetales son de distribución restringida (De-Nova *et al.*, 2018). Destaca en particular la localidad de El Huizache, considerada como la zona con la mayor riqueza de cactáceas en el país, con al menos 75 especies. También vale la pena mencionar que se presenta endemismo en peces de la laguna Media Luna, en la cuenca del río Verde (Martínez de la Vega y Palacio-Núñez, 1992).

De acuerdo con la NOM-059 (Semarnat, 2010), 2 606 especies están amenazadas o en peligro. De ellas, en San Luis Potosí se registran al menos 335 especies e infraespecies: 1 hongo, 136 plantas, 14 peces, 17 anfibios, 59 reptiles, 81 aves y 27 mamíferos (Martínez de la Vega y Flores-Rivas, 2019).

Las áreas naturales protegidas

En México, como en el resto del mundo, el principal instrumento de política pública para la conservación *in situ* de la biodiversidad son las áreas naturales protegidas (García-Frapolli, 2012). Desde hace más de cien años se iniciaron

en México los esfuerzos para proteger y conservar las extensiones de terreno necesarias para mantener la naturaleza y el ambiente. Se les denominó genéricamente áreas naturales protegidas (ANP) para que fueran reconocidas y apoyadas por todos los mexicanos.

En 1988 se promulgó la *Ley general del equilibrio ccológico y protección al ambiente* (LGEEPA), que es la máxima ley de derecho ambiental de la Constitución política de México. Ahí se establecieron distintas categorías de áreas naturales protegidas y sus características. Las categorías tienen distintas finalidades para proteger áreas de distinto tamaño, grandes o pequeñas, y distintos tipos de ambientes y sus especies (Guevara y Ramírez-Pinedo, 2017).

En este capítulo se refieren todas las áreas dedicadas a la conservación como ANP. Incluyen las siete categorías reconocidas en la LGEEPA, los sitios Ramsar de la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, los Corredores Biológicos y Culturales y las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA).

La evaluación del rendimiento e importancia de cada una de las categorías de ANP se basa en su finalidad y en su valor intrínseco para la protección y conservación. Sin embargo, aún se puede ir un poco más allá. En este capítulo, se sitúa a las ANP (anexo 9.1) en las regiones prioritarias (*sensu* Conabio, anexo 9.2), lo cual proyecta su contribución para la conservación a escala, regional y estatal. Se trata de las siguientes regiones prioritarias:

1. Las regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad, orientadas a la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorecieran condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad,
2. Las regiones terrestres prioritarias (RTP), que determinan unidades ambientales que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país (Arriaga *et al.*, 2000),
3. El Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), que diagnostica las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas.
4. Las áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS).

Categorías de áreas naturales protegidas reconocidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

- Parques nacionales: son áreas naturales muy extensas, deshabitadas y que tienen por objeto que las ciudades y pueblos de una región cuiden y mantengan los recursos naturales de los que dependen, como el agua, el aire, los bosques y la belleza de las montañas, lagos, costas, etc., y que disfruten de su belleza, de su valor educativo, de recreo, o su valor histórico.
- Monumentos naturales: son áreas de distinto tamaño y de interés regional. Se trata de montañas, volcanes, cañadas, valles, ríos, lagunas o cascadas que destacan por su belleza o su influencia en el ambiente de una región por captar el agua, retener la lluvia.
- Áreas de protección de recursos naturales: son áreas destinadas al cuidado del suelo, donde se evita la erosión, se mantiene la fertilidad en zonas de riesgo por las inundaciones. Generalmente se trata de las zonas que captan la lluvia y la conducen a ríos, lagunas y el mar (cuencas hidrográficas); es frecuente que se trate de terrenos con selvas o bosques.
- Áreas de protección de flora y fauna: son áreas naturales donde habitan especies de plantas y animales importantes por la cantidad de individuos (pocos o muchos), por estar amenazadas de desaparición o extinción. De éstos depende la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres.
- Santuarios naturales: son áreas que destacan por su extraordinaria riqueza de flora o fauna o por la presencia de especies de distribución restringida. Abarcan cañadas, ríos o arroyos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas, que normalmente no son tomadas en cuenta en los planes de desarrollo por su tamaño.
- Reservas de biosfera: son áreas de mediano y gran tamaño que se caracterizan por mantener la relación de los pobladores con el ambiente. Conservan los valores naturales: plantas y animales, cantidad y calidad del agua, suelos fértiles y productivos, manipulando los procesos y mecanismos naturales, donde se crean una buena relación entre la naturaleza y el desarrollo humano. Son un área que permite usar lo natural para producir y producir para mantener lo natural. Constituyen una combinación de naturaleza, otra de usos agrícolas o forestales, o pesqueros, que destacan por su gran cantidad de plantas y animales y también porque hay gente viviendo en una parte de su interior (en pueblos, rancherías) desde hace mucho tiempo y que saben manejar de manera tradicional las plantas, los animales, los recursos naturales, los monumentos naturales, el agua, los campos y obras hidráulicas. Integra todos estos aspectos. Es una de las categorías más útiles de que disponemos para responder a los cambios del medio. Es una categoría de área protegida que conserva los valores naturales, los usos y costumbres tradicionales de la agricultura y el uso de los recursos naturales y los integra formando una naturaleza que muestra la manera de combinar el ambiente para alcanzar una producción y bienestar cada día mejor, de manera sustentable.
- Áreas privadas de conservación: son áreas naturales que se encuentran en la propiedad de un campesino o ganadero o de un pueblo, quienes desean que una parte de sus terrenos sean conservados por voluntad propia.

Antecedentes

Los esfuerzos de protección de la naturaleza se iniciaron en San Luis Potosí durante la presidencia de Álvaro Obregón. La primera ANP decretada fue la reserva forestal nacional porción boscosa de San Luis Potosí en Xilitla, el 3 de noviembre de 1923, junto con otras áreas forestales del país. Posteriormente,

durante la presidencia de Lázaro Cárdenas, Miguel Ángel de Quevedo creó los parques nacionales de El Potosí y El Gogorrón, en Villa de Reyes, así como la zona protectora de la ciudad de San Luis Potosí.

En 1981 se recuperó el interés por la creación de nuevas áreas naturales protegidas. Las primeras declaratorias de esta nueva etapa fueron las zonas de protección forestal y refugio de la fauna silvestre de la Sierra de Álvarez, en Villa de Zaragoza, Armadillo de los Infante y la Sierra La Mojonera, en Vanegas (Errejón, 2017). En 1994 se declaró la reserva de biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Posteriormente, el 15 se marzo de 2000 se estableció un acuerdo marco de coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) y el estado de San Luis Potosí, con el objeto de establecer las bases para transferir la administración de estas seis áreas naturales protegidas al estado de San Luis Potosí (*Diario Oficial de la Federación*, 2000), intento que no prosperó.

Reyes Hernández *et al*. (2019) realizaron un extenso trabajo para rescatar el área natural protegida llamada Reserva Forestal Nacional Porción Boscosa de San Luis Potosí, en Xilitla, decretada el 3 de noviembre de 1923 en los municipios de Aquismón y Xilitla, con una superficie total de 29 885 hectáreas. El decreto buscaba proteger los bosques de niebla y templados, además de las selvas perennifolias de la Sierra Madre Oriental. Actualmente, esta superficie ha sido denominada Región Prioritaria para la Conservación Xilitla (RPC Xilitla). Hasta ahora, este rescate no ha prosperado.

Las áreas naturales protegidas en la actualidad

En San Luis Potosí existen en total dieciocho áreas protegidas bajo administraciones federal y estatal y dos sitios Ramsar (anexo 9.1). Para 2021, el 9.8 % del territorio potosino estaba protegido; seis ANP federales y doce estatales (cuadro 9.1; figura 9.3). Las ANP federales suman 197 226.05 ha que representan el 3.2 % del territorio potosino. Si a esta cantidad se suma el total de superficie en ANP estatales (402 016.93 -6.6 %), el total es de 599 242.98 ha. Para este mismo año sólo cuatro de las seis ANP federales cuentan con plan de manejo (anexo 9.3); mientras que en el estado se cuenta con tres nuevos planes de manejo: Sierra del Este y Sierra de Enmedio, Monumento Natural El Sótano de las Golondrinas y Parque Urbano Paseo de la Presa. También se ha trabajado sobre la capacidad de carga de las tres ANP con mayor afluencia turística (Monumento Natural El Sótano de las Golondrinas, Monumento Na-

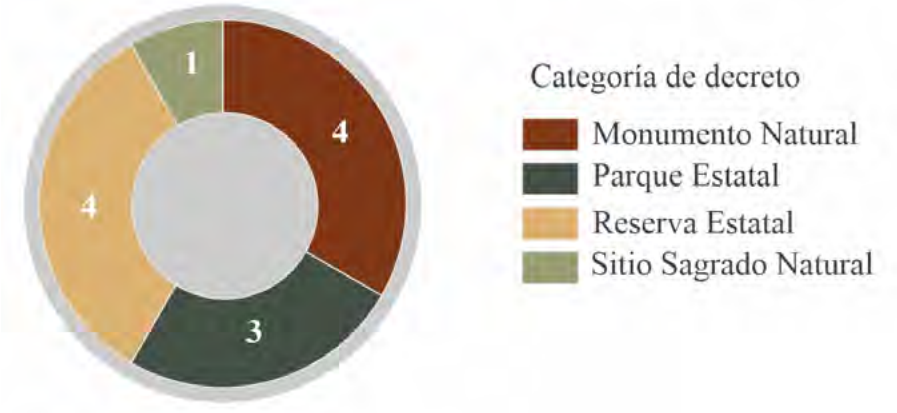
tural La Hoya de las Huahuas y Parque Estatal Manantial de la Media Luna (Gobierno del Estado, 2017; Murillo, 2019).

Las seis ANP federales son el Parque Nacional El Potosí, el Parque Nacional El Gogorrón, la Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre Sierra de Álvarez, la Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre Sierra La Mojonera, la Reserva de Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito.

Las ANP estatales son doce pertenecientes a cuatro categorías (cuadro 9.1; figura 9.2; anexo 9.4): tres parques estatales (Palma Larga, Manantial de la Media Luna, Bosque Adolfo Roque Bautista), cuatro reservas estatales (Real de Guadalcázar, Sierra del Este y Sierra de Enmedio, Tancojol, Ejido La Loma), una reserva estatal del paisaje cultural y sitio sagrado natural (Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika) y cuatro monumentos naturales (El Sótano de las Golondrinas, Cuevas del Viento y la Fertilidad, La Hoya de las Huahuas y Joya Honda).

Wirikuta representa un logro importante de la conservación asociada a los derechos indígenas, resultado de un proceso de diplomacia política impulsada por las autoridades del pueblo huichol (Guzmán, 2016a). El parque urbano denominado Ejido San Juan de Guadalupe estuvo en litigio (Tristán, 2018). Hoy en día su territorio fue incorporado al Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito.

Figura 9.2. Número de áreas naturales protegidas estatales de San Luis Potosí, de cada una de las cuatro categorías. En los párrafos anteriores se enlistan cuáles aparecen en cada categoría.



(<https://slp.gob.mx/segam/Paginas/SIACC/AreasNaturalesProtegidas.aspx>).

En el cuadro 9.1 se muestra la distribución de las distintas categorías de áreas naturales protegidas en las cuatro regiones de San Luis Potosí, la superficie en cada región y el total en el estado. Se puede constatar que la región Media y la Huasteca son las que tienen la menor superficie de alguna categoría, a pesar de contar con ambientes, ecosistemas y paisajes muy diferentes a los de las otras regiones. Ello muestra que la distribución y riqueza de la biodiversidad aún no es el criterio principal para crear las ANP.

Cuadro 9.1. Superficie de las áreas naturales protegidas estatales (bajo administración estatal) y de las ANP bajo administración federal en cada región

Región / administración	*Categoría y nombre de la ANP*	*Superficie (ha)*	*Porciento de superficie con relación a la región*	*Porciento de superficie con relación al estado*
Altiplano		*2 840 572.08*		
Estatal	Reserva Estatal Real de Guadalcázar	253 186.31	8.91 %	4.14 %
	Sitio Sagrado Natural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika	140 211.85	4.94 %	2.29 %
	Suma superficie ANP estatal	*393 398.16*	*13.8 %*	*64 %*
Federal	Área de Protección de Fauna y Flora Sierra La Mojonera	9 201.50	0.31 %	0.14 %
	Superficie total de ANP en la región	*402 599.66*	*14.16 %*	*6.57 %*
Centro		*957 173.79*		
Estatal	Monumento Natural Joya Honda	130.76	0.01%	0.002 %

Región / administración	*Categoría y nombre de la ANP*	*Superficie (ha)*	*Porciento de superficie con relación a la región*	*Porciento de superficie con relación al estado*
Federal	Parque Nacional Gogorrón	36 499.66	3.81%	0.60 %
	Área de Protección de Fauna y Flora Sierra de Álvarez	16 900.00	1.43%	0.28 %
	Área de Protección de Fauna y Flora Sierra de San Miguelito	111 160.44	11.61%	1.82 %
	Suma superficie ANP federal	*164 560.10*	*17.19%*	*2.69 %*
	Superficie total de ANP en la región	*164 690.86*	*17.21%*	*2.69 %*
Huasteca		*1 125 014.50*		
Estatal	Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad	8.03	0.001%	0.0001 %
Estatal	Monumento Natural Hoya de las Huahuas	409.00	0.04%	0.01 %
	Monumento Natural Sótano de las Golondrinas	285.00	0.03%	0.005 %
	Parque Estatal Bosque Adolfo Roque Bautista	30.78	0.003%	0.001 %
	Reserva Estatal Sierra del Este y de En medio	1 795.94	0.16%	0.03 %
	Reserva Estatal Tancojol	95.67	0.01%	0.002 %
	Suma superficie ANP estatal	*2 624.41*	*0.23%*	*0.04 %*
Federal	Reserva de Biosfera Sierra del Abra Tanchipa	21 464.44	1.91%	0.35 %
	Superficie total de ANP en la región	*24 088.86*	*2.14%*	*0.39 %*
Media		*1 190 687.24*		

Región / administración	*Categoría y nombre de la ANP*	*Superficie (ha)*	*Porciento de superficie con relación a la región*	*Porciento de superficie con relación al estado*
Estatal	Parque Estatal Manantial de la Media Luna	305.00	0.03%	0.005 %
	Parque Estatal Palma Larga	25.43	0.002%	0.0004 %
	Reserva Estatal La Loma	1 855.03	0.16%	0.03 %
	Reserva Estatal Real de Guadalcázar	3 678.14	0.31%	0.06 %
	Suma superficie ANP estatal	5 863.60	0.49%	0.10 %
Federal	Parque Nacional El Potosí	2 000.00	0.17%	0.03 %
	Superficie total de ANP en la región	*7 863.60*	*0.66%*	*0.13 %*
	Superficie total ANP en el estado	*599 242.98*		*9.8 %*
	Superficie total del estado	*6 113 447.61*		

Fuente: Conanp (2022), áreas naturales protegidas decretadas federales; Conabio (2020), áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas de México.

Recientemente se ha declarado como área de protección de flora y fauna a la Sierra de San Miguelito, que junto con las ANP de Sierra de Álvarez y Gogorrón forma un cinturón en torno a la zona metropolitana de la ciudad de San Luis Potosí, el cual asegura servicios ambientales invaluables para sus habitantes (Gobierno del Estado, 2017; Murillo, 2019).

En los siguientes recuadros se describe la importancia de cada ANP y los beneficios que aportan a la sociedad, con base en las páginas estatales y federales de las reservas (Monroy y Carregha, 2006; Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos, 2012; Undiano y Carrasco, 2019). En el anexo 9.1 se indican los tipos de vegetación que albergan y sus principales valores florísticos, faunísticos, geológicos y geomorfológicos, sociales y culturales.

Primer recuadro

Parque Estatal Bosque Adolfo Roque Bautista.

Fue concebido para formar una red regional en los municipios de Tamuin, Ébano y San Vicente Tancuayalab para conservar la selva baja caducifolia (bosque espinoso). Este ecosistema ha reducido su cobertura de manera drástica por el desmonte para la agricultura como consecuencia del proyecto hidráulico Pujal-Coy en la década de los setenta, y se busca rescatar los relictos mediante este corredor. La presencia de ganadería y agricultura es muy baja.

Foto: Gobierno del Estado de San Luis Potosí, en https://sic.gob.mx/galeria_imagen/5d88a878b8685reserva_roque_bautista2.png

Segundo recuadro

Parque Estatal Palma Larga.

Es un manantial donde, durante el Pleistoceno, hace 0.5 a 1 millón de años, en el área de la llanura del municipio Rioverde, existía una red hidrológica amplia, originada por los principales afluentes del río Pánuco —incluyendo el río Verde, los cuales formaban parte de un sistema de lagos de origen marino—. Entre ellos están la laguna de la Media Luna, Los Anteojitos, Palma Larga y otros manantiales. Palma Larga presenta tres tipos de vegetación, el matorral inerme que ocupa una pequeña porción hacia el oeste, el mezquital, y un conjunto de humedales. Entre los vertebrados que habitan en ella, el grupo más importante es el de los peces, ya que en este manantial se han detectado especies endémicas de agua dulce, algunas de ellas exclusivas del Valle de Rioverde, como mojarras, pez zorrillo (*Herichthys sp*), bagre (*Bagre mexicanus*) y sardinillas (*Astyanax mexicanus*). El gasto del manantial comenzó a disminuir a raíz de la construcción de los canales del sistema de riego de la Media Luna que afectaron sus fuentes de alimentación. Ocupa una superficie muy pequeña (24 ha) y más de la mitad está ocupada por terrenos agrícolas.

Foto: Gobierno del Estado de San Luis Potosí, en https://slp.gob.mx/SEGAM/Paginas/ANPS/ESTATALES/Palma-Larga.aspx

Tercer recuadro

Parque Estatal Manantial de la Media Luna.

Es un ecosistema lacustre, con una profundidad máxima de 36.7 m, formado por una serie de manantiales que conforman la laguna con vegetación de humedales, en el ejido El Jabalí. Tiene forma de media luna. En la región semiárida de la Llanura de Rioverde existen una serie de al menos dieciséis manantiales que forman pequeños lagos. Es el principal manantial termal en la zona; su vaso lo forman cinco cráteres de los que surge agua termal cristalina a unos 35 m/s, con una temperatura promedio de 28º C y contiene sulfatos y magnesio; la profundidad máxima en el cráter mayor es de 36 m. Al fondo es posible ver restos de dos esqueletos de mamut que se han conservado por el origen kárstico y por tanto muy alcalino de sus aguas. Su temperatura media es cercana a los 20º C y es extraordinariamente cristalina, aunque el sedimento del fondo es fácilmente agitable. En la época prehispánica, la Media Luna fue un centro ceremonial donde se celebraban importantes rituales, como lo prueban numerosas estatuillas de barro encontradas entre los sedimentos. Entre las principales especies de flora se encuentra el nenúfar (*Nymphaea odorata*), planta acuática flotante que domina en la laguna. En el lago se encuentran 13 especies de peces, 2 nocturnas y 11 diurnas. De las 134 especies animales registradas, existen al menos 14 que están consideradas en alguna categoría de protección según la NOM-059 (Semarnat, 2010). De ellas, una es un crustáceo ostrácodo (langostino), ocho peces (endémicos en su mayoría), un anfibio, dos reptiles, un ave y un mamífero. En relación con los endemismos se tienen registrados tres invertebrados (crustáceos), ocho peces y un ave (Martínez de la Vega y Palacio-Núñez, 1992; Martínez de la Vega *et al.*, 2019). Los canales han sido modificados por actividades antropogénicas y el agua se usa para riego. Un problema es la erosión lateral existente en algunos de ellos. Además, casi el 75 % de sus 306 ha está bajo manejo agrícola. El turismo desordenado también ha provocado el deterioro.

Foto: © Omar Mejía (CC BY-NC-ND 2.0), en https://www.flickr.com/photos/omarmejia/25870173561/.

Cuarto recuadro

Reserva Estatal Ejido La Loma.

Se ubica en un área biogeográfica relevante, en la porción occidental de la Sierra de Álvarez; un área de sierras altas de laderas convexas en el municipio de Rioverde, donde las elevaciones superan los 2 000 msnm. Existe una alta biodiversidad asociada al desarrollo de bosque de encino y de pino-encino. Este sistema hidrológico favorece de manera importante a los procesos de recarga del acuífero río Verde.

Foto: Gobierno del Estado de San Luis Potosí, en https://slp.gob.mx/SEGAM/Paginas/anpS/ESTATALES/La-Loma.aspx.

Quinto recuadro

Reserva Estatal Real de Guadalcázar.

Se ubica en el extremo sur del Desierto Chihuahuense. Comparte su rica flora y fauna con el desierto Chihuahuense, el Altiplano Potosino, la Sierra Madre Oriental, y con elementos tropicales de la Huasteca Potosina, lo que le confiere una importancia biológica por demás significativa. Esta ANP está considerada como el centro más importante de concentración de especies de cactáceas (70 especies) de las cuales 32 (45 %) están listadas dentro de la NOM-059 (Semarnat, 2010) en las diferentes categorías: 1 en peligro de extinción, 8 amenazadas y 23 sujetas a protección especial, 20 de las cuales son endémicas. Como puede verse, contiene numerosas especies endémicas o exclusivas de herpetofauna (anfibios y reptiles) y se destaca por albergar el conjunto más numeroso de especies amenazadas (Torres-Colín *et al*., 2017). En 1965, el Dr. Jerzy Rzedowski identificó siete tipos de vegetación con variantes específicos en función de las condiciones ecológicas: matorral desértico aluvial, matorral rosetófilo, mezquital extradesértico, matorral submontano, chaparral, zacatal y encinar. También alberga una porción del chaparral o encinar arbustivo. El 12 % de su territorio está siendo cultivado.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Sexto recuadro

Reserva Estatal Sierra del Este y Sierra de En Medio.

Tiene como propósito la conservación de selvas húmedas más al norte del estado. Es un refugio de flora y fauna, con gran diversidad biológica con elementos representativos de la Planicie Costera del Golfo y la Sierra Madre Oriental. Alberga una selva baja subcaducifolia, y algunos manchones relictos de palmares en las partes más bajas. Se han registrado aves como la cigüeña americana (*Mycteria americana*), el pato real (*Cairina moschata*), la aguililla cola blanca (*Buteo albicaudatus*); y mamíferos, como el viejo de monte (*Eira barbara*) y el yaguarundí (*Puma yagouaroundi*).

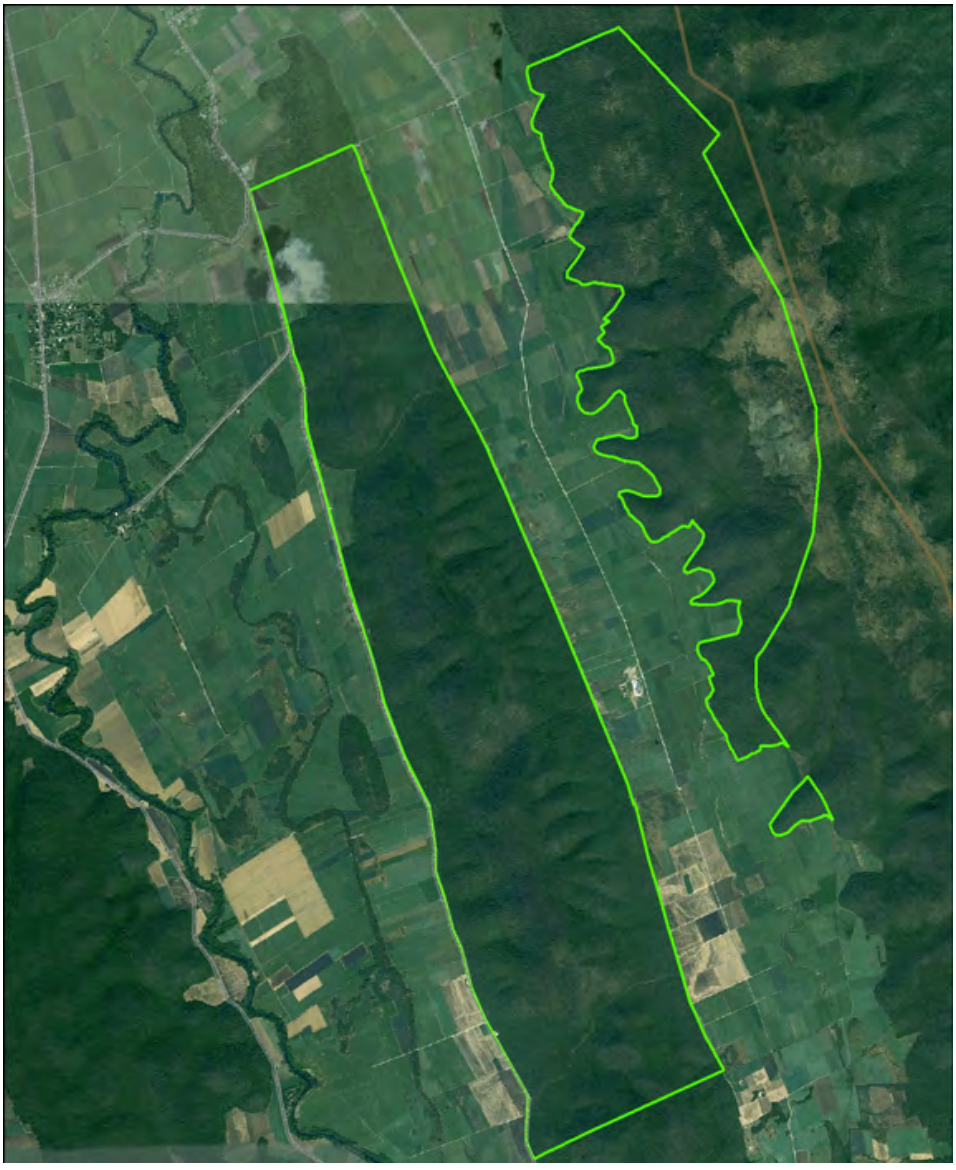


Foto: Gobierno del Estado de San Luis Potosí, en https://slp.gob.mx/SEGAM/Paginas/ANPS/ESTATALES/Sierras.aspx.

Séptimo recuadro

Reserva Estatal Tancojol.

Conserva la biodiversidad biológica de la selva mediana subperennifolia y selva baja espinosa. Es un relicto de selva que sobrevive a la ganaderización de la región y a la devastación de la vegetación por la puesta en marcha del proyecto hidroagrícola del Pujal Coy (en la década de los setenta). Contribuye a prestar numerosos servicios ambientales, y es refugio de fauna y flora de la región, entre ellos el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*).

Foto: © Google Earth

Octavo recuadro

Sitio Sagrado Natural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika.

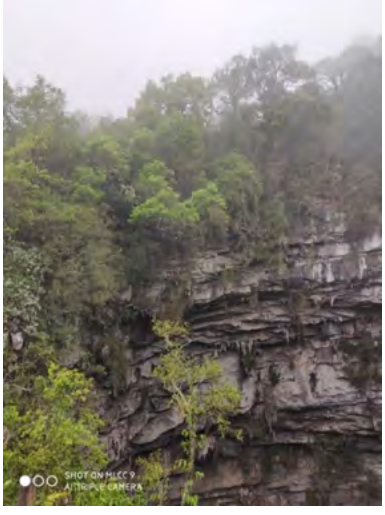
El ANP se ubica en los municipios de Catorce, Charcas, Matehuala, Villa de la Paz y Villa de Guadalupe; y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika, en los municipios de Villa de Ramos, Salinas y Charcas. El ANP es representativa del Desierto Chihuahuense y alberga alrededor de la mitad de especies de su flora, el 70 % de sus aves y 60 % de sus mamíferos. También es un paisaje sagrado de relevancia biocultural (Fernández, 2019). En la zona, la vegetación está formada por encinares, con diversos encinos y pinos piñoneros; encinar arbustivo, con encinos, cedral o tascate; matorral submontano, con diferentes tipos de comunidades arbustivas; matorral desértico rosetófilo, con agaves y yucas; matorral desértico micrófilo; en áreas poco deforestadas, se encuentran izotes, matorral crasicaule, con nopales; y zacatales o pastizales, que incluyen sustratos gipsófilos. Esta área se considera esencial para la conservación y propagación de cactáceas endémicas y en peligro de extinción. La Sierra de Catorce, incluida en la reserva ecológica de Wirikuta, junto con la zona de Valle del Salado, contiene representadas doce comunidades vegetales. La vegetación de la cobertura de la Sierra de Catorce es esencial para el mantenimiento del ciclo hidrológico; en particular, la recarga de los acuíferos. En sus acantilados se encuentran registrados algunos sitios de anidación de águila real (*Aquila chrysaetos*), considerada una especie prioritaria para su conservación en el país; también, las serpientes de cascabel (*Crotalus sp*), las lagartijas espinosas de collar (*Sceloporus* sp), los ratones de campo (*Peromyscus* sp) y las ratas canguro (*Dipodomys* sp) son especies animales representativas de la fauna de esta región. Un componente de gran importancia son las peregrinaciones del pueblo wixárika (huichol) realizadas por antiguos caminos, donde son visitados sitios sagrados naturales, culminando el trayecto en Wirikuta. La tradición cultural wixárika se construye esencialmente en torno a una cosmovisión, en la que es preciso mantener el equilibrio del mundo mediante un camino de autosacrificio y búsqueda del conocimiento. Cada año, los *maraka'ames* (chamanes) huicholes peregrinan desde la región wixárika en Jalisco hasta San Luis Potosí, a unos 400 km de distancia, como forma de recrear dicho caminar mítico. La reserva incluye la Ruta Histórico Cultural del Pueblo *Wixarika*, con una longitud de 146 km en el estado de San Luis Potosí. La última parte del rito es la recolección del *hikuri* (peyote, *Lophophora williamsii*), el cual es usado por los indígenas como un recurso ritual. Será llevado de regreso a sus comunidades para la comunicación entre el mundo terrenal y el divino, haciendo la recreación cosmogónica del ciclo de la vida. Es de suma importancia mencionar que el área de crecimiento y reproducción del peyote del estado de San Luis Potosí es la región donde estos grupos colectan las plantas (comunicación personal, J. Flores Rivas), por lo que la parte del recorrido en esta entidad es fundamental para salvaguardar las tradiciones del pueblo huichol, parte del patrimonio cultural no sólo de los potosinos, sino de todos los mexicanos. El plan de manejo contiene información importante sobre el área. Tristán *et al*. (2021) realizaron un estudio utilizando nuevas valoraciones para redefinir el área actual de la ANP, tomando en cuenta los conflictos mineros y su importancia económica en la zona. Boni *et al*. (2014) discuten los conflictos entre grupos huicholes y organizaciones no gubernamentales contra las mineras canadienses, y sus implicaciones para los derechos de los pueblos originales y la conservación.

Fotos: Joel Flores Rivas.

Noveno recuadro

Monumento Natural Sótano de las Golondrina.

Es uno de los abismos subterráneos más hermosos. La cima es una cueva de origen kárstico formada por la erosión del agua en una falla impermeable de una planicie de piedra caliza. Tiene una forma cónica, es decir, la abertura exterior, a nivel del suelo, de unos 60 m, es mucho más estrecha que el fondo, el cual tiene las dimensiones de tres campos de futbol. La profundidad de este abismo es de unos 512 m. Tiene la peculiaridad de ser un refugio natural de aves. Ahí habitan el vencejo de collar blanco (*Streptoprocne zonaris*), llamado localmente golondrina, así como una especie de loro verde, el perico quila mexicano (*Psittacara holochlora*), localmente llamado cotorra de cueva.



Fotos: Simón Carranco y José Alfredo Ramos.

Décimo recuadro

Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad.

Sitio sagrado natural, formado por dos cuevas —referidas como la cueva de arriba y la de abajo— como espacios de transmisión del conocimiento tradicional, donde se realizan ritos y ceremonias que sustentan parte importante de la vida social y religiosa de las culturas nahuas, *teenek* y *xi'ui* de San Luis Potosí. Se localizan en el rancho San Juanito, del ejido Chununtzen I, del municipio de Huehuetlán. Tienen gran importancia en la conformación del territorio de nahuas y *teenek*, que implica el desplazamiento a través de dos rutas de la Huasteca: de norte a sur —desde Tamaletom, Tancanhuitz— y de sur a norte —desde Coatzontitla, Axtla de Terrazas—, para visitar las cuevas, en donde moran sus ancestros y las entidades asociadas al agua. Las cuevas se encuentran en un terreno conformado por un relicto de selva mediana subperennifolia, siendo una de las fuentes de abastecimiento de hierbas medicinales para los médicos indígenas tradicionales (Mayorga y López, 2017).

Fotos: Vianey Azucena Mayorga Muñoz.

Undécimo recuadro

Monumento Natural La Hoya de las Huahuas.

Constituye un evento geológico de gran magnitud creado en la tierra, resultado del colapso de suelo calcáreo. Mide 478 m de profundidad, con un diámetro de 60 m. Incluye uno de los salones subterráneos más grandes del mundo, en el ejido de Tampaxal, municipio de Aquismón. La vegetación es una mezcla de especies de la selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia. Dentro, se puede encontrar una fauna limitada, y anidan y encuentran refugio diversas especies de murciélagos, pericos (*Psittacara holochlora*) y vencejos (*Streptoprocne zonaris*), llamadas golondrinas. *Huahua* significa 'perico' en lengua huasteca o *teenek*.

Foto: © Fabian Kronenberger, (cc by-nd 2.0) en https://www.flickr.com/photos/mrdoctor/51189737992/.

Duodécimo recuadro

Monumento Natural Joya Honda.

Situado en el ejido La Tinaja, es un cráter de forma elíptica de origen volcánico, geológicamente conocido como *maar*. Es uno de los siete existentes en el estado. Un *maar* es un cráter volcánico ancho y bajo producido por una explosión, causada por agua subterránea que entra en contacto con lava caliente o magma. La vegetación interior está formada por matorrales y mezquitales (López-Palacios *et al.*, 2018). Conforma un paisaje de gran belleza.

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil y José Alfredo Ramos.

Decimotercer recuadro

Parque Nacional El Potosí.

Fue establecido desde 1936 por el presidente Lázaro Cárdenas. Incluye bosques de pino y encino que protegen un número importante de manantiales. Se encuentra ubicado en las partes más altas de los macizos montañosos de la serranía de Rioverde. Es refugio importante para algunas especies de aves migratorias cuyas rutas pasan en las cercanías. En el parque nacional se distribuyen especies en distintas categorías de riesgo, y juega un papel importante en la recarga de acuíferos de la región, la prevención de erosión del suelo y el mantenimiento del hábitat de especies de flora y fauna. El plan de manejo contiene información muy completa sobre el área. Sin embargo, hay explotación comercial de recursos forestales, tala y comercio ilegal de madera, sobre todo. También se presenta agricultura y ganadería extensivas, desmontes, cacería furtiva, y falta de vigilancia.

Fotos: Arturo De-Nova.

Decimocuarto recuadro

Parque Nacional El Gogorrón.

Creado en 1936, cerca de la capital del estado. Es una formación montañosa inserta en el campo volcánico de San Luis Potosí, con bosques sobre suelos de roca, matorrales xerófilos y pastizales nativos. Es hogar de 247 especies de flora, incluyendo gran cantidad de cactáceas. Uno de los servicios ambientales de los bosques y matorrales es la captación de agua en las Sierras del Bernalejo y Santa María, que favorece las actividades productivas de agricultura y ganadería en el valle central del parque. Entre las especies sobresalientes están los pinos piñoneros y diversas especies de encinos, así como una gran cantidad de especies de cactáceas. Es una zona de anidación del águila real (*Aquila chrysaetos*). El plan de manejo contiene información muy completa sobre el área. Casi el 15% de su superficie está siendo cultivada.

Fotos: Fernando Zárate

Decimoquinto recuadro

Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez.

Se ubica en los municipios de Armadillo de los Infante, Zaragoza y San Nicolás Tolentino. En su superficie hay bosques de encino, pastizal inducido y pastizal natural, y especies como el fresno, varias especies de encinos, pinos, madroños y cedros; entre su fauna han sido registradas 123 especies (25 de invertebrados y 108 de vertebrados), de las cuales 23 son aprovechadas por los habitantes locales (Martínez de la Vega, 2003; 2019a).

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil.

Decimosexto recuadro

Área de Protección de Flora y Fauna Sierra La Mojonera.

Ubicada en el límite entre San Luis Potosí y Zacatecas, fue una región ocupada por la etnia guachichil perteneciente a la cultura de la Gran Chichimeca. Protege distintos tipos de matorrales de zonas áridas (micrófilo, crasicaule, y rosetófilo), izotales, palmeras y matorral submontano. Permite que se consolide un corredor biológico importantísimo para el hábitat de las colonias más sureñas de una especie endémica a México, el perrito de las praderas o perro llanero mexicano. Es el hábitat relictual de distintas especies de fauna, de las cuales el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*), especie de ardilla terrestre, se encuentra en peligro de extinción. Entre la flora, está el peyote, la biznaga tonel y la biznaga barril de lima, así como otras cactáceas endémicas y en peligro de extinción, que representan la rica biodiversidad del semidesierto potosino y zacatecano. Otras especies migratorias que utilizan esta ANP en sus desplazamientos son la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) y la grulla común (*Grus grus*). Además, tiene una compleja historia geológica que se refleja en los aspectos físicos que también son atributos ambientales que conservan las áreas naturales protegidas; el Salto de Guas proporciona agua mediante la escorrentía para el llenado de los bordos (presones) que constituyen la única fuente de agua superficial. Esta sierra participa en la recarga de acuíferos, un servicio ambiental esencial en las zonas áridas. Es una pieza importante del paisaje que se requiere para ir dando conectividad a los ecosistemas de la sierra Madre Oriental. El plan de manejo contiene información muy completa sobre el área. Uno de los principales problemas es el saqueo de cactáceas. El 11 % de su superficie se usa para pastoreo de ganado.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Decimoséptimo recuadro

Reserva de Biosfera Sierra del Abra-Tanchipa.

Es una importante zona de captación de agua de lluvia que recarga los mantos freáticos y fuentes de manantiales en la región. Protege el centro ceremonial de la cultura huasteca, denominado La Hondurada, debido a su gran valor arqueológico. Se han registrado 683 especies, que corresponden a 427 especies de flora. Respecto a fauna, han sido registradas 306 especies de invertebrados cavernícolas (varias endémicas) en 74 cuevas; y de vertebrados, 6 especies de peces (entre ellas, el carácido ciego *Anoptichthys jordani*, sinónimo de *Astyanax mexicanus*), 10 especies de anfibios, 20 especies de reptiles, 192 especies de aves y 34 especies de mamíferos (Martínez de la Vega, 2019b); de las que 47 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo (Reyes-Hernández *et al*., 2018; Sahagún-Sánchez y De-Nova, 2021). El plan de manejo contiene información muy completa sobre el área.

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil.

Decimoctavo recuadro

Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito.

Se ubica en la Huasteca Potosina, en la porción media este de la Gran Sierra Plegada o provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. Fue decretada en 1994. La vegetación dominante es la selva caducifolia, la más seca de las selvas. Constituye el límite más al norte de las selvas bajas y de las selvas medianas. Es un corredor natural al conectar los bosques tropicales del sur que se desarrollan desde Veracruz, Hidalgo y Querétaro con los relictos de bosque húmedo de montaña en la Sierra Madre Oriental, en la porción de San Luis Potosí, y el bosque templado de pino-encino, que se extiende hacia el norte de la reserva en los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Tiene como objetivo conservar uno de los últimos relictos de flora y fauna con características neotropicales en el noroeste del país, preservar una comunidad desde el punto de vista geológico, que explica en gran medida los procesos de formación geológica que sufrió la zona colindante con el golfo de México, ya que cuenta con un gran número de fósiles. Decretada el 13 de diciembre de 2021, es un área representativa de la zona biogeográfica perteneciente al Desierto Chihuahuense. Alberga una variedad de ecosistemas, entre ellos pastizales y matorrales desérticos (rosetófilo, crasicaule y micrófilo), bosque de pino y encino. Entre la fauna representativa, está la culebra alicante (*Pituophis deppei*), la codorniz desértica (*Callipepla squamata*), el correcaminos (*Geococcyx californianus*), el tlacuache canoso (*Didelphis virginiana*) y el coyote (*Canis latrans*). La zona representa una alta biodiversidad, un alto endemismo (27 %) y especies bajo alguna categoría de protección (5 %) (Hernández *et al.*, 2022). Está conformada por ocho polígonos. Es una zona de captación de agua de lluvia, especialmente las zonas forestales de pino y encino en las partes altas de la Sierra, y un pulmón para los municipios de San Luis Potosí, Villa de Arriaga, Villa de Reyes y Mexquitic de Carmona. Se considera uno de los pulmones verdes más importantes para equilibrar las actividades urbanas, especialmente en lo que respecta a los asentamientos humanos e industriales de la capital del estado. Al mismo tiempo, este macizo y su vegetación determinan en gran medida el tipo de clima de la ciudad. Su principal problemática es el crecimiento urbano en los flancos sur y oeste, que aceleran la pérdida de superficie (Loa-Loza *et al.*, 2009).

Fotos: Gerardo Sánchez Vigil y Edgardo de los Santos (foto en la cima).

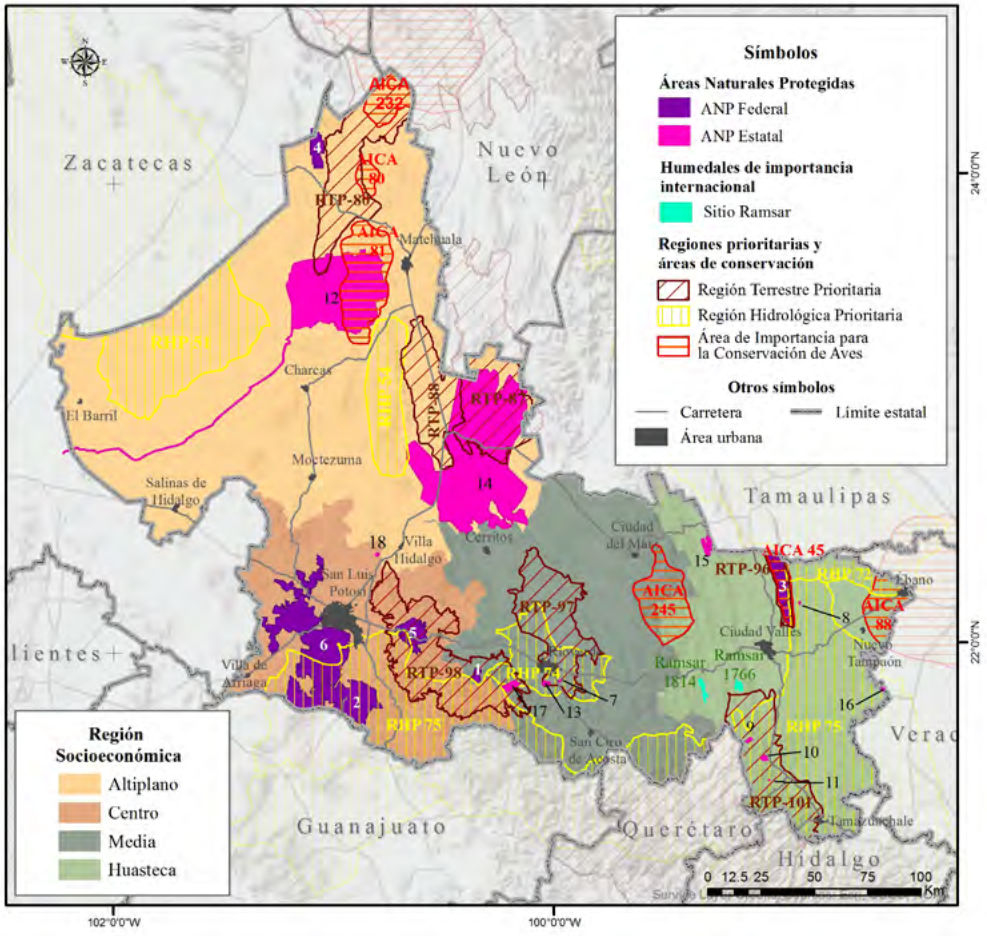
En la figura 9.3 se presenta la ubicación de las ANP estatales y federales y de los sitios Ramsar en San Luis Potosí, así como la superficie que representan en cada región (véase asimismo el cuadro 9.1). Puede verse que la región del Altiplano es la que cuenta con mayor superficie bajo alguna categoría de protección; son solamente tres áreas, pero dos de ellas tienen una gran superficie. Le sigue la región Centro, con cinco áreas, y finalmente, la región Media con cinco áreas, y la Huasteca, con ocho áreas. En estos dos últimos casos, las áreas son muy pequeñas, con excepción de la reserva de la biosfera de Abra Tanchipa, a pesar de ser zonas con alto valor de biodiversidad de flora y fauna, e importantes valores geológicos y culturales (anexo 9.1), además de poseer una gran belleza.

Los sitios Ramsar

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, conocida como Convención Ramsar, es un acuerdo internacional dedicado a la conservación y el uso racional de los humedales. México, junto con otros 167 países, es signatario de este acuerdo, por lo que está obligado a cumplir con el objetivo de hacer un uso racional de todos sus humedales. Es la única convención enfocada en un solo ecosistema, los humedales. Son ecosistemas de gran importancia para el paisaje, para el ambiente y la sociedad, ya que proporcionan agua dulce, son estabilizadores que actúan como esponjas naturales, son una salvaguarda contra la sequía, protección para la biodiversidad y fuentes de recursos naturales y de bienes de consumo para contribuir al impulso de un desarrollo sustentable (Secretaría de la. Convención de Ramsar, 2015). En el estado hay dos sitios Ramsar, con una superficie total de 2 538 ha (anexo 9.1; figura 3).

Los corredores ecológicos son áreas que poseen características que favorecen la conexión entre dos o más áreas, como se menciona en los párrafos anteriores. Pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques a la orilla de los ríos, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques, selvas o matorrales naturales. Su requisito es mantener la conectividad y así evitar el aislamiento de las poblaciones de plantas y animales que viven en su interior. Los corredores mantienen la continuidad de los procesos biológicos, siendo uno de los más importantes para la conservación el proceso de dispersión de los individuos tanto de plantas como de animales. Estos corredores permiten el movimiento y que los individuos colonicen diferentes áreas dentro del co-

Figura 9.3. Mapa de las áreas naturales protegidas de San Luis Potosí, de carácter federal y estatal, sitios Ramsar y regiones prioritarias terrestres e hidrológicas, así como áreas de importancia para la conservación de aves (aicas).



1) Parque Nacional El Potosí, 2) Parque Nacional Gogorrón, 3) Reserva de Biosfera Abra-Tanchipa, 4) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra La Mojonera, 5) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez, 6) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito, 7) Parque Estatal Palma Larga, 8) Parque Estatal Bosque Adolfo Roque Bautista, 9) Monumento Natural Sótano de las Golondrinas. 10) Monumento Natural Hoya de las Huahuas, 11) Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad, 12) Reserva Estatal del Paisaje Cultural y Sitio Sagrado Wirikuta y Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixarika, 13) Parque Estatal Manantial de la Media Luna, 14) Reserva Estatal Real de Guadalcázar, 15) Reserva Estatal Sierra del Este y De En Medio, 16) Reserva Estatal Tancojol, 17) Reserva Estatal La Loma, 18) Monumento Natural Joya Honda.

Fuente: Cipamex (1999); Arriaga *et al.* (2002a); Conabio (2004, 2020); Conanp (2015, 2022), áreas naturales protegidas decretadas federales. Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

rredor, con lo que se previene la extinción local de poblaciones, se mantiene el flujo genético, se reduce la consanguinidad y se conserva la diversidad de especies en los fragmentos que forman parte del corredor (<https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/quees.html>).

Cuadro 19

Arroyos y Manantiales de Tanchachín (sitio núm. 1766), en la región Huasteca, tiene una superficie de 1 174 ha y fue decretado el 2 de septiembre de 2008. Es un manantial de agua con varios arroyos y mantiene una gran cantidad de especies protegidas por la NOM 059-SEMARNAT-2010, como la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*), el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), la aguililla negra menor (*Buteogallus anthracinus*), murciélagos y el jaguar (*Panthera onca*). En la flora hay varias especies de valor local, como el cedro (usado para artesanías y como madera preciosa); la palma mícharo, cuyas hojas se usan para techar; el huizache (para construir cercos); el encino (como combustible); árboles de aguacate, zapote chico y zapote negro.

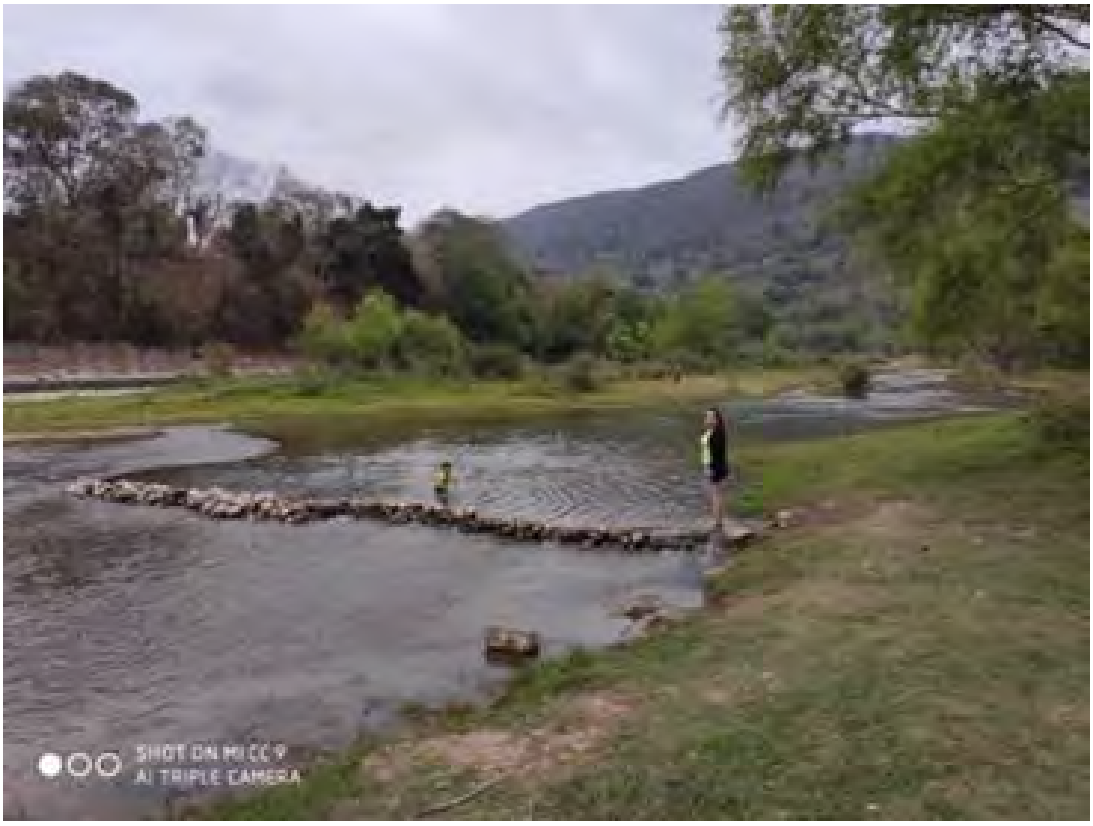
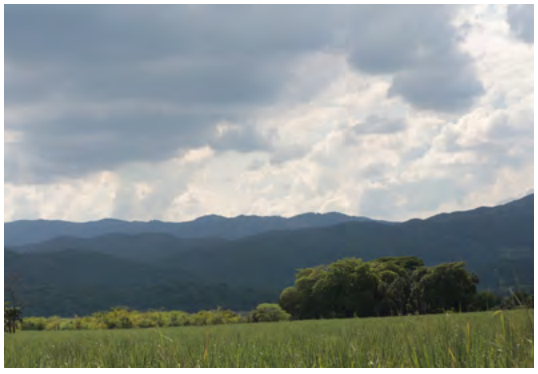


Foto: Simón Carranco

Cuadro 20

Ciénaga de Tamasopo (sitio núm. 1814) o Ciénega de Cabezas, fue decretado el 2 de septiembre de 2008. Este humedal es una de las últimas ciénagas en la zona húmeda de San Luis Potosí. Tiene una longitud de 25 km norte-sur y de 0.5 a 3 km este-oeste, y un área de 1 364 ha cubiertas por agua. En la zona brotan varios manantiales; el manantial Cabezas es considerado el origen del arroyo El Trigo, que es la corriente principal dentro de la ciénega. El humedal es poco profundo, 0.3-1.2 m. Mantiene muchas especies características de humedales, como el tule y las hermosas flores del nenúfar (*Nynphaea odorata*), la tortuga de agua dulce (*Kinosternon* sp.) y el cocodrilo (*Crocodylus moreletii*). Es un sitio importante para aves acuáticas, como los patos, que usan la zona para descanso durante sus migraciones. El chamal (*Dioon edule*) habita en la zona y se encuentra en el estatus de protección especial. La ciénaga de Tamasopo es un humedal rodeado por matorral espinoso típico de la planicie costera, y su importancia radica en las funciones ecológicas que mantiene: mitigación de las inundaciones y retención, transformación y remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes. Las actividades de agricultura y ganadería, en especial el cultivo de la caña de azúcar, contaminan sus aguas con agroquímicos.



Fotos: Gerardo Sánchez Vigil.

Corredores ecológicos

Existen dos propuestas de esta naturaleza en San Luis Potosí, con las que se busca el desarrollo socioeconómico mediante prácticas de conservación y aprovechamiento sustentable:

- El Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental, en el que también participan los estados de Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz, apoyados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible (GIZ) (Camacho *et al.*, 2019).
- El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México, conformado por los estados de Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Colima, Nayarit y Zacatecas, con la participación de Conanp y GIZ, donde, además de buscar la conservación de la biodiversidad, se pretende impulsar, difundir y conservar las expresiones culturales que se manifiestan en cada una de las entidades (Báez, 2019; Martínez de la Vega y Flores,-Rivas 2019).

Las unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA)

Son un esquema de diversificación productiva basado en la vida silvestre, instituido en 1992 por el gobierno federal con el objetivo de impulsar el desarrollo socioeconómico de poblaciones locales. Son criaderos extensivos e intensivos de fauna silvestre, de plantas en viveros e invernaderos, así como todas las alternativas viables que permitan la propagación de especies y la elaboración de productos y subproductos de flora y fauna derivados de esta actividad. Las UMA son predios particulares destinados voluntariamente al aprovechamiento sustentable de las especies silvestres que ahí habitan. También apuntalan la conservación de la biodiversidad y dan impulso a la producción y al desarrollo socioeconómico del país mediante la cría y aprovechamiento comercial de especies de animales y plantas. En 2010 se habían registrado 113 UMA en San Luis Potosí (23 con manejo intensivo y 90 extensivo), que en su totalidad contaban con autorización para el aprovechamiento. Entre la diversidad de vida silvestre, tanto nativa como exótica, aprovechada en las UMA del estado, se encuentran 45 especies de plantas pertenecientes a 10 familias, y 175 especies animales clasificadas en cuatro clases (insectos, reptiles, aves y mamíferos); la

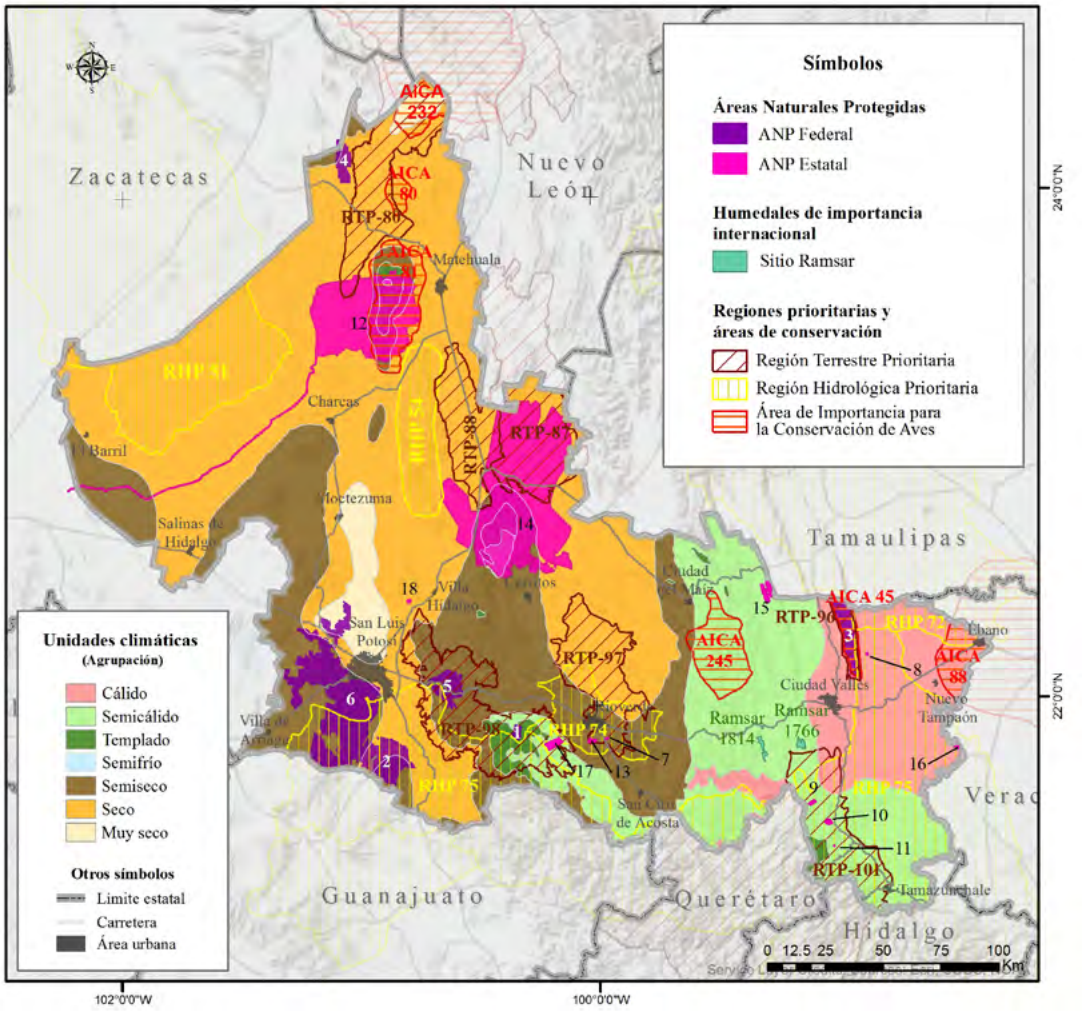
información disponible sobre las UMA aún es incompleta y debe actualizarse en cuanto a sus instalaciones y personal técnico capacitado. Se debe impulsar su desarrollo como parte de un mecanismo importante para disminuir la extracción ilegal de flora y fauna, además de formar comités de vigilancia y aplicación expedita de las leyes y normatividad correspondientes (Martínez y Flores-Rivas, 2019; Rangel-Rivera *et al.*, 2019).

La distribución de las ANP en función del clima

Los contrastes climáticos del estado no están bien representados en las ANP, a pesar de que cada clima da lugar a ecosistemas y paisajes con composiciones de flora y fauna muy distintas. Esto cobra importancia en un estado con gradientes altitudinales y climáticos tan marcados. En el mapa de la figura 9.4 se muestra la distribución de las ANP en relación con los tipos climáticos.

El cuadro 9.2 muestra los datos de esta distribución. Las zonas semiseca y seca son las que están mejor representadas en las ANP; sin embargo, representan un porcentaje bajo, tomando en cuenta los numerosos tipos de vegetación y la riqueza florística y endemismos que hay en la entidad. Las zonas muy secas y semifrías no están realmente representadas en los ecosistemas bajo conservación. La zona templada abarca un menor número de hectáreas, pero el porcentaje indica que hay una buena representación. Cabe subrayar que son ecosistemas muy utilizados, por lo que, aunado a las zonas protegidas, debe haber planes de manejo, con un buen monitoreo, que garanticen que mantienen la conectividad. Las superficies protegidas en los climas de áreas cálidas y semicálidas abarcan un porcentaje y una superficie muy reducida, por lo que no se puede considerar que realmente están cumpliendo con sus objetivos. La superficie de humedales bajo protección, presente en los territorios con afloramientos de agua, está escasamente representada, a pesar de su importancia.

Figura 9.4. Distribución de las áreas naturales protegidas y los sitios Ramsar de San Luis Potosí en los distintos climas. El nombre de las ANP puede verse en la figura 9.3.



Fuente: Cipamex (1999); Arriaga *et al.* (2002a); Conabio (2004, 2020); Inegi (2008); Conanp (2015, 2022). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Cuadro 9.2. Ubicación de las áreas naturales protegidas estatales y federales y de los sitios Ramsar en las regiones climáticas de San Luis Potosí y su superficie en cada tipo de clima

Unidad climática	*Tipo de área protegida*	*Superficie (ha)*	*Porciento de superficie por unidad climática*	*Porciento de superficie en el estado*
Semicálido		*984 942.10*		
	ANP Estatal	18 148.82	1.84 %	0.30 %
	ANP Federal	477.92	0.05 %	0.01 %
	Sitio Ramsar	2 538.82	0.26 %	0.04 %
	suma ANP	*21 165.56*	*2.15 %*	*0.35 %*
Cálido		*534 166.63*		
	ANP Estatal	126.32	0.02 %	0.00 %
	ANP Federal	21 438.93	4.01 %	0.35 %
	suma ANP	*21 565.25*	*4.04 %*	*0.35 %*
Semiseco		1 426 921.81		
	ANP Estatal	75 481.67	5.29 %	1.23 %
	ANP Federal	136 834.60	9.59 %	2.24 %
	suma ANP	*212 316.27*	*14.88 %*	*3.47 %*
Seco		*2 914 709.51*		
	ANP Estatal	272 238.42	9.34 %	4.45 %
	ANP Federal	27 395.99	0.94 %	0.45 %
	suma ANP	*299 634.41*	*10.28 %*	*4.90 %*
Muy seco		*153 205.23*		
	ANP Federal	6 250.16	4.08 %	0.10 %
Templado		*98 646.93*		
	ANP Estatal	38 097.73	38.62 %	0.62 %
	ANP Federal	1 522.11	1.54 %	0.02 %
	suma ANP	*39 619.84*	*40.16 %*	*0.65 %*
Semifrío		*855.46*		
	ANP Estatal	855.46	100.00 %	0.01 %
Superficie total del estado		6 113 447.61		

Fuente: Inegi (2008); Conanp (2015 y 2022); Conabio (2020).

Regiones de referencia para la conservación

La acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que han ocurrido en México durante las últimas décadas requiere, con urgencia, que se revitalicen los esfuerzos de conservación de regiones con alta biodiversidad. El Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad, de la Conabio, se orientó a la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorecieran condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, ha tenido como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa donde, además, exista una oportunidad real de conservación (Arriaga *et al*., 2000).

Como ya se ha mencionado, San Luis Potosí se encuentra en la zona de transición de las dos regiones biogeográficas que se localizan en el continente americano: la Neártica y la Neotropical. La zona de transición de estas regiones se halla en la Sierra Madre Oriental, que cuenta con una importante diversidad y endemismo de mamíferos en regiones montañosas.

En 1996 y 1999, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) identificó 152 regiones terrestre prioritarias (RTP). En el estado se reconocen siete de estas regiones, cuatro de ellas incluidas en su totalidad dentro del estado, mientras que tres sólo tienen una superficie parcial. La superficie total que cubren estas regiones terrestres prioritarias es de 955 792.7 ha, que corresponden al 15.6 % del estado (anexo 9.2; cuadro 9.3; figuras 9.3 y 9.4). En estas áreas habitan especies importantes, como el perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*) y la cotorra de frente roja (*Amazona viridigenalis*), además de variedades de plantas endémicas, como la yuca (*Yucca filifera*) y la lechuguilla (*Agave lechuguilla;* Arriaga *et al*., 2000).

En 1998, la Conabio inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pudiera ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación y

uso y manejo sustentable (Arriaga *et al.*, 2002b). En el país, se establecieron 110 RHP, de las cuales cinco se ubican en San Luis Potosí: Venado-Moctezuma y Lago de la Media Luna están completamente dentro del estado, mientras que Camacho-Gruñidora, Río Tamesí y Confluencia de las Huastecas se comparten con varios estados. Las cinco regiones en total abarcan una superficie de 6 322 431 ha, de las cuales sólo 1 611 166.84 ha se encuentran dentro del territorio de San Luis Potosí (anexo 9.2; cuadro 9.3; figuras 9.3 y 9.4).

Áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA)

El programa de las AICAS (áreas de importancia para la conservación de aves) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (<http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>) y BirdLife International. Se inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) y del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. Cada área o AICA tiene una descripción técnica que incluye la descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico de las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área, además de un directorio de los especialistas que participaron en el llenado de las fichas correspondientes. Son un instrumento más que ayuda a la conservación de un grupo particular de especies y sus hábitats.

México tiene 239 AICA, y San Luis Potosí siete, de las cuales más de 90 % de su superficie está incluida en la Reserva de Biosfera Sierra Gorda, en el estado de Querétaro, y el AICA 232 Pradera de Tokio se comparte con los estados de Nuevo León y Zacatecas. Las siete AICA cubren una superficie total decretada de 1 745 545.54 ha; de ellas, cerca de 17 % forma parte de San Luis Potosí (anexo 9.2; figuras 9.3 y 9.4; Cipamex, 1999). Las RPR, las RPH y las AICA forman un corredor que unen varias ANP —La Mojonera, Guadalcázar y Paisaje Cultural Wirikut— en las zonas secas del norte del estado (véase el capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad").

Como se ha señalado a lo largo de este texto, es una de las zonas de conservación más importantes por su biodiversidad y por la presencia de corredores, básicos para la conectividad y la conservación, que requiere lograr estos objetivos de conservación naturales y culturales. Existen algunos análisis comparativos, como el de Errejón Gómez *et al.* (2018) entre las reservas de biosfera El Cielo y Sierra del Abra Tanchipa. Ambas son regiones con baja densidad

Cuadro 9.3. Regiones terrestres e hidrológicas prioritarias en San Luis Potosí

		Superficie (ha)	*Porciento de superficie con respecto al estado*
Región terrestre prioritaria (RTP)			
80	Tokio*	172 916.16	2.83 %
87	El Huizache*	136 325.64	2.23 %
88	Pastizales gipsófilos de Matehuala	109 585.18	1.79 %
96	Sierra Abra-Tanchipa	21 657.91	0.35 %
97	Llanura del río Verde	139 048.76	2.27 %
98	Sierra de Álvarez	228 803.42	3.74 %
101	Sierra Gorda-río Moctezuma*	147 455.63	2.41 %
		955 792.70	*15.63 %*
Región hidrológica prioritaria (RHP)			
51	Camacho - Gruñidora*	309 284.75	5.06 %
54	Venado - Moctezuma	118 465.78	1.94 %
72	Río Tamesí*	56 270.98	0.92 %
74	Lago de la Media Luna	130 605.12	2.14 %
75	Confluencia de las Huastecas*	996 540.21	16.30 %
		1 611 166.84	*26.35 %*
Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)			
45	Sierra del Abra-Tanchipa	20 926.69	0.34 %
80	El Manantial	13 397.28	0.22 %
81	Sierra Catorce	102 808.24	1.68 %
88	Humedales del Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz*	44 712.67	0.73 %
232	Pradera de Tokio*	38 742.16	0.63 %
245	San Nicolas de los Montes	73 309.08	1.20 %
		293 896.11	*4.81 %*
	Superficie del estado	*6 113 447.66*	

* Estas superficies son parciales y sólo se considera la porción interior del estado. Fuente: Cipamex (1999); Arriaga *et al.* (2002a); Conabio (2004).

de población, algunas con 0-5 habitantes por km2 y otras hasta 50, excepto alrededor de las ciudades de Cedral y Matehuala. También es una zona con una parte importante del territorio bajo concesiones mineras, con proyectos mineros en operación y otros en exploración (<https://www.facebook.com/geocomunes.carto/posts/699772573542738/>). Ello implica conflictos sociales que deben tomarse en cuenta siempre bajo la perspectiva del bien común. Una pequeña zona formaría parte del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (Báez, 2019), descrito en la siguiente sección.

En la zona sur del estado, en la región Centro y Media, las RPR y las RPH forman otro corredor importante que une las ANP Sierra de Álvarez, Gogorrón, Joya Honda, Sierra de San Miguelito, El Potosí, La Loma, Manantial La Media Luna y Palma Larga. Se ubican en climas secos, semisecos, y una superficie pequeña en semicálidos y templados. Es una región que bordea la ciudad de San Luis Potosí, además de Soledad, Ciudad Fernández y Rioverde. La densidad poblacional en la zona es mayor, y la problemática para lograr una conservación de la riqueza de esta zona difiere del de la zona seca del norte. En el modelo de ordenamiento ecológico del estado, parte de esta zona se considera de protección. Una zona formaría parte del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (Báez, 2019), descrito en la siguiente sección.

Finalmente, en la zona cálida y semicálida de la región Huasteca, la RPT Sierra Gorda-río Moctezuma y la RPH río Tamesí forman un corredor que une ANP como la Reserva de Biosfera de Abra Tanchipa, con otras áreas muy pequeñas —Bosque Adolfo Roque Bautista, Cuevas del Viento y la Fertilidad, Hoya de las Huahuas, Sierra del Este y En Medio. Es la zona más degradada del estado; la parte sur, con una alta densidad poblacional, que requiere medidas urgentes para garantizar la conservación de lo que aún queda. Formaría parte del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (Camacho *et al.*, 2019).

Otros sitios prioritarios para la conservación

Debido a que el deterioro y la pérdida de la diversidad biológica continúa a pesar de las ANP y sus capacidades de gestión, se desarrolló un esfuerzo focalizado para analizar los vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad en los ambientes terrestres, marinos y acuáticos epicontinentales de México (categorizándolos con prioridad extrema, alta y media), con la finalidad de orientar las estrategias y que se establezcan nuevas áreas protegidas y se apliquen otros instrumentos de conservación *in situ* (Conabio, 2021). Para iden-

tificar a escala nacional los sitios prioritarios acuáticos continentales, se utilizó una rejilla de 83 091 hexágonos de 25 km² (Conabio, 2010).

En San Luis Potosí se registran 1 149 hexágonos para la conservación acuática epicontinental, de los cuales 47 % corresponden a prioridad media, 33 % a alta y 20 % a extrema (535, 383 y 231 hexágonos respectivamente; figura 9.5). Puede verse que se ubican en todos los tipos de climas: secos, semisecos y sobre todo semicálidos y cálidos. Aunque, cabe notar que los sitios prioritarios están hacia la región Media y la Huasteca. La amplia distribución registrada de sitios prioritarios de ambientes húmedos y acuáticos habla de la importancia de la biodiversidad de San Luis Potosí y de las necesidades de conservación de este patrimonio natural, hoy aún poco representado y bajo una gran presión de uso, como sucede con muchos de los humedales.

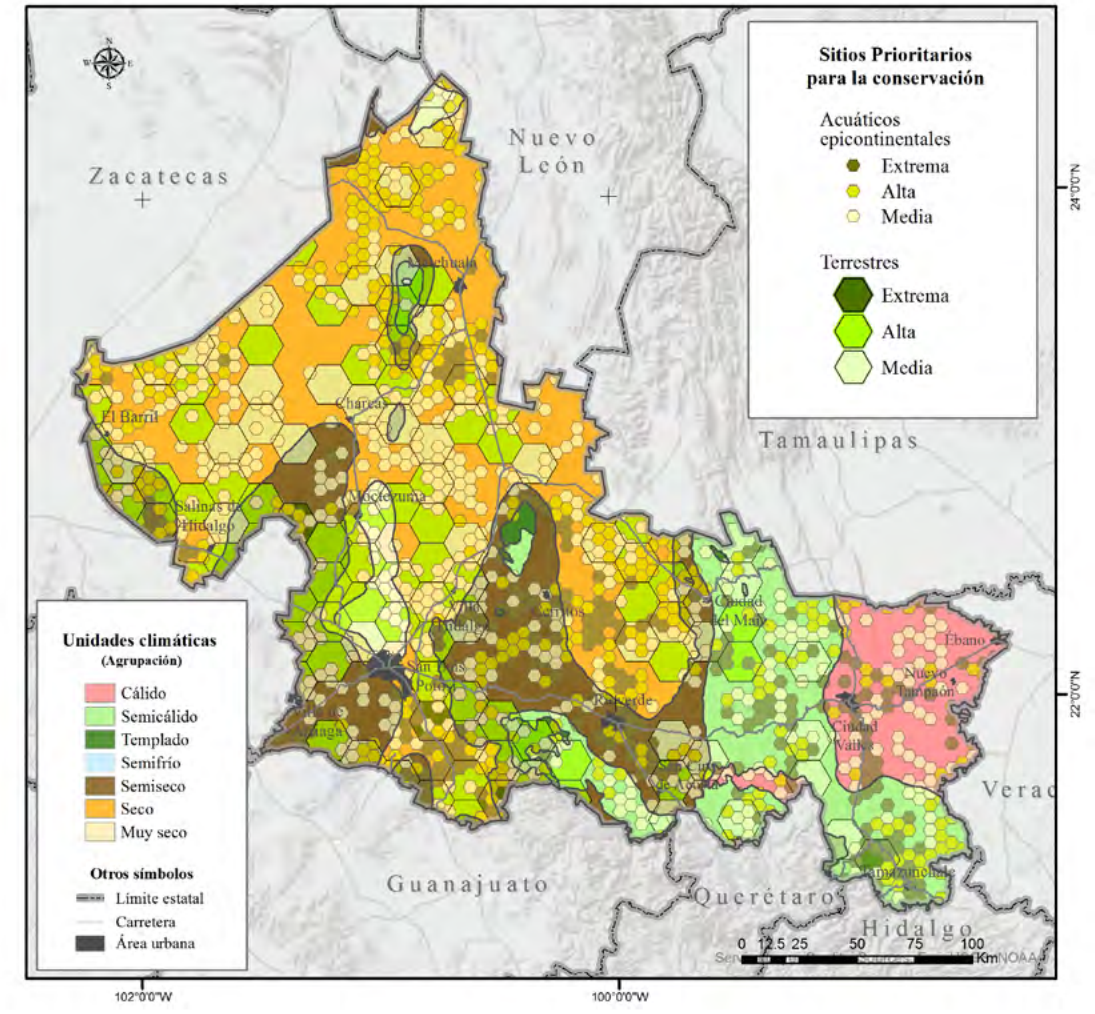
Para el caso de los sitios prioritarios terrestres, hay una situación similar. Se dividió la superficie terrestre del país en 8 045 hexágonos de 256 km² cada uno, de los cuales 117 se encuentran en territorio potosino: 62 % son de prioridad alta, 34 % media y 4 % extrema (73, 40 y 4 hexágonos respectivamente; figura 9.5). Se puede ver que predominan en los diversos climas secos y semicálido, y que están casi ausentes en la zona cálida, en donde las actividades agropecuarias extensivas e intensivas han deteriorado de manera importante la región.

Adicionalmente, existen otras zonas críticas que es urgente proteger por la amplia gama de especies, hábitats, ecosistemas y paisajes que incluyen. En primer lugar, está el corredor biológico de la Sierra Madre Oriental que cruza desde el estado de Hidalgo hasta Tamaulipas, el cual ofrece importantes servicios hidrológicos, además de que forma uno de los sistemas de cavernas más extensos de México; en sus más de 200 cavidades han sido descubiertas casi 300 especies de animales adaptadas a la vida subterránea. Además, en cifras globales, es una de las zonas más diversas del estado (Undiano y Carrasco, 2019; capítulo 1, "El paisaje potosino"; capítulo 13, "El matorral submontano, un enclave de la diversidad").

Finalmente, Monroy Castillo y Carregha Lamadrid (2006) hacen las siguientes reflexiones acerca del diagnóstico para identificar áreas naturales cuya conservación se consideraba prioritaria para el desarrollo de la entidad realizado por el gobierno del estado en coordinación con organizaciones de la sociedad civil y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. De acuerdo con el *Periódico Oficial* del 9 de junio de 2001, éstas son el área del Mezquital,

la asociación de Encinal Chamal, en la Sierra de Santa Catarina, y el área de Manantial de los Peroles, en el municipio de Rioverde; la Sierra de la Colmena, en el municipio de El Naranjo; la laguna de Marland, en el municipio de Ébano; y los bosques templados en el municipio de Alaquines, todos ellos en la región Media.

Figura 9.5. Sobreposición de las unidades climáticas y de los sitios prioritarios terrestres y acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad, elaborada por Conabio.



Fuente: Conabio (2007, 2010); Inegi (2008). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Las estrategias para la conservación

Desde la década de 1970, la preocupación por la salud del medio ambiente en México se enfocó en la biodiversidad y su conservación. Los primeros esfuerzos de conservación *ex situ* se llevaron a cabo en los jardines botánicos. Posteriormente, la política pública de conservación se enfocó en la conservación *in situ*, en diferentes categorías de áreas naturales protegidas en el país. Estos esfuerzos han cumplido con la finalidad de conservar y proteger la diversidad natural, condiciones y características del territorio, especies, ecosistemas y paisajes, para mantener los servicios ambientales que requieren los mexicanos, pero también para la región y el estado de San Luis Potosí.

Son sitios públicos para la recreación, el disfrute y educación de las personas, la investigación científica; para resguardar los recursos naturales y la capacidad adaptativa de la biodiversidad a los cambios locales y globales en todos sus aspectos. Es necesario reforzar las condiciones sociales, económicas, políticas, legales y ecológicas para garantizar el cumplimiento de sus objetivos fundacionales.

Aunque es complejo, es indispensable evaluar el rendimiento de las ANP para la conservación de la biodiversidad, así como el funcionamiento de los ecosistemas y de los servicios ambientales que proporcionan. La situación de muchas de ellas es precaria por falta de apoyo, vigilancia, carencia de planes de manejo adecuados y de fondos para realizar sus actividades, ausencia de participación comunitaria, monitoreo de especies y procesos y para detener la tala ilegal y el tráfico de especies con valor comercial, y, probablemente lo más importante, la poca conciencia de los pobladores locales y pobladores urbanos hacia su importancia. Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos (2012) señalan que en las propias ANP hay actividades de agricultura, ganadería y minería dedicada a la extracción de oro, plata cobre plomo y zinc, que deben ser controladas, además del tráfico de especies, sobre todo de cactáceas.

Hoy en día, debido a las asimetrías de poder que existen entre los actores involucrados en un área natural protegida, comúnmente se encuentran prácticas excluyentes tanto en la concepción como en el diseño y establecimiento de las ANP (García-Frapolli, 2012). Ello implica la necesidad de analizar la problemática específica de cada una de las ANP establecidas y de mejorar los procesos para la creación de nuevas. García-Frapolli (2012) plantea que un proceso fundamental para lograr el manejo efectivo es el diseño de un plan

de manejo apropiado que permita articular la manera en que la estrategia de conservación será ejecutada. Por tanto, cada sitio tendrá particularidades asentadas en su plan de manejo. Será exitoso un plan que, contando con la participación y el apoyo de todos los actores involucrados —pobladores, gobierno, sociedad civil y academia—, se haya desarrollado con información técnica y científica de calidad que evalúe de manera realista los recursos disponibles con que se cuenta, que incluya indicadores para evaluar los avances y que sea conciso y fácil de entender por todas las partes interesadas (funcionarios, instituciones de financiamiento, comunidades locales, etcétera). Por tanto, la incorporación de todos los actores desde el principio ayudará a tener una visión más realista que tome en cuenta las distintas visiones, las oportunidades y los logros deseados. Además, comenta este autor, el documento debe ser lo suficientemente flexible, de manera que el manejo de las ANP sea adaptativo, que pueda transformarse en función de los cambios tanto ambientales como socioeconómicos que se presenten. Hoy en día es necesario también tomar en cuenta los riesgos impuestos por el cambio climático.

La participación activa de la comunidad científica y de las organizaciones conservacionistas ha logrado que la mayoría de estos programas tengan buenas bases biológicas, ecológicas y socioeconómicas, sobre todo en lo que se refiere a la descripción y al diagnóstico (García-Frapolli, 2012). Varios de los planes de manejo de la ANP de San Luis Potosí incluyen información muy valiosa sobre su biodiversidad y procesos. Sin embargo, como explica García-Frapolli (2012), un tema controversial es la exclusión de las comunidades locales del diseño de estos programas y su gobernanza. Muchas veces ni siquiera son consultadas, informadas o son conscientes de que se está llevando a cabo un plan de manejo de la zona donde viven. En ocasiones, inclusive, ni siquiera saben que viven en una ANP. Esta situación se mantiene hasta la fecha, aunque cabe mencionar que el impacto del cambio climático está haciendo que se trabaje más cercanamente con las comunidades y que cada vez se reconozcan más sus conocimientos y valores. Ello debe redundar en solventar algunos de los problemas de los planes de manejo de las ANP.

En el estado ha habido varios intentos para evaluar su funcionamiento de manera puntual. El esfuerzo más extenso fue realizado por Chapa-Vargas y Monzalvo Santos (2012), quienes evaluaron la superficie de las áreas protegidas bajo actividades agropecuarias o con población, el porcentaje de cobertura de los distintos tipos de vegetación en el estado y el porcentaje protegido

en dichas reservas. Encontraron que el matorral rosetófilo, el bosque de pino, el de encino y el de pino encino tienen protegida entre el 23.7 y el 39.8 % de su superficie. En el otro extremo, con los valores más bajos, están el matorral de piedemonte (0.22 %), el pastizal (0.9), la selva mediana (3.01) y la selva baja; el matorral *crassicaule* y el matorral micrófilo desértico, incluyendo el espinoso, tienen entre 3 y 6.5 %. Los humedales no son mencionados en los datos recabados, por su pequeña superficie. Este análisis se complementa con el trabajo de Conabio a una escala más fina, donde puede verse que los resultados de los esfuerzos de conservación no han incidido en el matorral submontano de piedemonte, la selvas bajas y medianas y los humedales y hábitats en bajas elevaciones (situados a menos de 1 200 msnm). Algo similar ocurre con las ecorregiones de mezquital, selvas secas espinosas (selva baja caducifollia) y selvas medianas (figura 9.5).

Los datos de especies y poblaciones sensibles, como anfibios y reptiles, han permitido valorar su eficacia para la conservación de especies. Se estima que en las principales ANP del estado están representadas 27 especies de anfibios y 88 de reptiles, de las cuales 33 son endémicas de México, 17 están amenazadas, 27 están sujetas a protección especial y una está en peligro de extinción según la NOM-059 (Semarnat, 2010). Considerando que en México existen 830 especies de reptiles y 373 especies de anfibios, y con base en la estimación realizada, se puede decir que aproximadamente 10 % de los reptiles y 7 % de los anfibios del país están representados en las principales ANP de San Luis Potosí (Campillo, 2019; López-Vázquez y Martínez de la Vega, 2019).

También se realizó una evaluación con base en el análisis del paisaje y de las necesidades biológicas del jaguar (*Panthera onca*). Se concluyó que existe conectividad entre las áreas naturales protegidas, incluyendo la Reserva de la Biosfera del Abra Tanchipa (Errejón *et al.*, 2018).

La movilidad de las especies de plantas y animales se destaca cada día más como el criterio de más importancia para la conservación de la biodiversidad. Esto se traduce en analizar las facilidades y los obstáculos que posibilitan la conexión en los ecosistemas y los paisajes y entre ellos (véase el capítulo 1, "El paisaje potosino"). En este sentido, otra estrategia de gran importancia es la restauración, la cual busca impulsar la recuperación de la vegetación y la composición animal que ha sido degradada o destruida, para volver a tener un ecosistema saludable que aporte servicios ambientales y favorezca la movilidad. La restauración ecológica permite la reconexión de fragmentos foresta-

les y robustece la conectividad, el fortalecimiento de la infraestructura verde, el mantenimiento de la biodiversidad y los recursos genéticos; incrementa la cobertura forestal y la conservación de servicios ambientales, como los hídricos y los relacionados con el clima, así como aporta numerosos beneficios socioeconómicos (<https://www.nature.org/es-us/>). Dada la importancia de esta estrategia y la creciente necesidad de recuperar la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2021-2030 la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas.

Hay numerosos ejemplos en el mundo y el país de proyectos de restauración tanto exitosos como otros con pocos logros. Douterlungne *et al*. (2018) realizaron experimentos en los bosques de encino del estado, traslocando suelos de bosques maduros a zonas con suelos degradados que requerían restauración. Probaron su influencia en la germinación, crecimiento y establecimiento de especies de encino. En San Luis Potosí, se realizó un estudio para detectar las áreas físicamente degradadas en Xilitla y contar con un método más sólido para determinar los sitios a restaurar (Aguirre-Salado *et al*., 2017). Un estudio similar se desarrolló para la Huasteca (Peralta-Rivero *et al*., 2014). Sin embargo, se requiere utilizar esta información para iniciar la restauración de predios específicos.

Varios autores han evaluado el impacto del turismo en las ANP. Guzmán Chávez (2016b) hizo una evaluación sobre los riesgos, amenazas y prioridades para la conservación a partir de las tendencias del turismo en cada región del estado, y aporta recomendaciones para dar congruencia a la política de desarrollo turístico y la política para la conservación de la biodiversidad en el estado. Palacio-Núñez *et al*. (2007) analizan la biodiversidad y distribución de aves y peces en los manantiales de la Media Luna, y dan una serie de recomendaciones para el manejo de los distintos tipos de vegetación a fin de favorecer el mantenimiento de diversas especies, sobre todo de peces, además que sugieren un mayor control del turismo y zonificación del mismo. Vázquez Solís *et al*. (2013) analizan la capacidad de carga en el volcán Joya Honda, tomando en cuenta la percepción de los pobladores locales. Este tipo de estudios cobra importancia por el deterioro ya presente en algunas ANP (i.e. La Media Luna), así como por los planes de invertir y desarrollar la Huasteca Potosina como una región turística (Reyes-Pérez *et al*., 2012, y presentación 23 de junio de 2021, <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Presentan-estudios-de-pla-

neacion-turistica-para-la-Huasteca-potosina-20210623-0131.html>). Es fundamental abordar la actual situación y usarla como referente para planear un desarrollo turístico sustentable en una región de gran belleza, pero con fuerte marginalidad y escasa protección de sus recursos.

En síntesis, hay esfuerzos importantes de conservación en el estado, pero quedan pendientes algunos temas prioritarios: publicar el decreto de los dos corredores propuestos, decretar la conservación del área de Xilitla, impulsar mayor número y diversidad de las UMA y establecer proyectos de restauración y manejo sustentable dentro de varias de las ANP y trazar una política de desarrollo sustentable basada en el manejo y conservación de la biodiversidad para el desarrollo turístico de la Huasteca Potosina.

Referencias

Aguirre-Salado, C. A., L. Miranda-Aragón, M. Pompa-García, H. Reyes-Hernández, C. Soubervielle-Montalvo, J. A. Flores-Cano y H. Méndez-Cortés (2017). "Improving Identification of Areas for Ecological Restoration for Conservation by Integrating USLE and MCDA in a GIS-Environment: A Pilot Study in a Priority Region Northern Mexico", *International Journal of Geo-Information,* núm. 6, pp. 262. doi: <10.3390/ijgi6090262>.

Arriaga, L., J. M. Espinoza-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, L. Gómez-Mendoza y E. Loa-Loza (coords.) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>.

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (2002a). "Aguas continentales y diversidad biológica de México (regiones hidrológicas prioritarias). Escala 1:4000000". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/rhpri4mgw.html>.

Arriaga L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez (2002b). *Regiones hidrológicas prioritarias.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>.

Báez Montes, O. (2019). "El Corredor Biocultural del Centro Occidente de México", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 343-348.

Boni, A., C. Garibay y M. K. McCall (2014). "Sustainable Mining, Indigenous Rights and Conservation: Conflict and Discourse in Wirikuta/Catorce, San Luis Potosi, Mexico", *GeoJournal.* <doi 10.1007/s10708-014-9593-3>.

Bradshaw, C. J. A., P. R. Ehrlich, A. Beattie, G. Ceballos, E. Crist, J. Diamond, R. Dirzo, A. H. Ehrlich, J. Harte, M. E. Harte, G. Pyke, R. H. Raven, W. J. Ripple, F. Saltré, C. Turnbull, M. Wackernagel y D. T. Blumstein (2021). "Underestimating the Challenges of Avoiding a Ghastly Future", *Frontiers in Conservation Science,* núm. 1. doi: <10.3389/fcosc.2020.615419>.

Camacho Castillo, E., J. G. Torres Jiménez, O. Flores Sosa y A. Durán Fernández (2019). "Corredor ecológico de la Sierra Madre Oriental", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 339-342.

Campillo, G. G. (2019). "Estimación de la diversidad de anfibios y reptiles en las principales reservas naturales", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 282-286.

Chapa-Vargas, L y K. Monzalvo-Santos (2012). "Natural Protected Areas of San Luis Potosi, Mexico: Ecological Representativeness, Risks, and Conservation Implications Across Scales", I*nternational Journal of Geographical Information Science,* vol. 26, núm. 9, pp. 1625-1641. <doi:10.1080/13658816.2011.643801>.

Cipamex (1999). "Áreas de importancia para la conservación de las aves, edición 2015. Escala 1:250000". México: Consejo Internacional para la Preservación de las Aves, México / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aica250kgw.html>.

Conabio (2021). "Planeación para la conservación y restauración de la biodiversidad de México". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/planeacion-para-la-conservacion>.

Conabio (2020). "Áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas de México 2020", edición 1. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anpest20gw.html>.

Conabio (2019). *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. [Dos volúmenes].

Conabio (2010). "Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1000000". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/spec1mgw.html>.

Conabio (2007). "Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Escala 1:1000000". México: México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas / The Nature Conservancy-Programa México / Pronatura. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/spt-1mgw.html>.

Conabio (2006). "Capital natural y bienestar social". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Conabio (2004). "Regiones terrestres prioritarias. Escala 1:1000000". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/rtp1mgw.html>.

Conabio (s.f.). "México megadiverso". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>.

Conanp (2022). "Datos espaciales de las áreas naturales protegidas federales de la república mexicana 2022". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Dirección de Evaluación y Seguimiento. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/espacial/shp/SHAPE_anpS.zip>.

Conanp (2015). *Sitios RAMSAR de México 2015.* Morelia: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/ramsar15gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no>.

Costanza, R., R. d'Arge R, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, H. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton

y M. van den Belt (1997). "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital", *Nature,* núm. 387, pp. 253-260.

Cruz-Angón, A. y J. Cruz-Medina (2019). "Introducción", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 11-15.

Daily, G. C., S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell (1997). "Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems", *Issues in Ecology,* núm. 2, pp. 2-16.

De-Nova, J. A. (2018). "La diversidad florística potosina, un patrimonio que debemos conservar", *Universitarios Potosinos,* núm. 223, pp. 4-10.

De-Nova, J. A., P. Castillo-Lara, A. K. Gudiño-Cano y J. García-Pérez (2018). "Flora endémica de San Luis Potosí y regiones adyacentes en México", *Árido-Ciencia,* núm. 3, pp. 21-41

Diario Oficial de la Federación (2000). "Acuerdo marco de coordinación que suscriben la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y el estado de San Luis Potosí, con el objeto de establecer las bases para transferir la administración de las siguientes áreas naturales protegidas: reserva forestal nacional porción boscosa del estado de San Luis Potosí Xilitla; parque nacional El Potosí; parque nacional El Gogorrón; zona de protección forestal y refugio de la fauna silvestre Sierra de Álvarez; zona de protección forestal y refugio de la fauna silvestre Sierra La Mojonera, y reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa", 27 de julio. <http://sidof.segob.gob.mx/notas/2057719>.

Douterlungne, D., G. M. Cortés Martínez, E. I. Badano, J. A. Flores Cano , J. D. Flores Rivas (2018). "Restoring Oak Forests on Bare Ground Using Topsoil Translocation", *Ecological Engineering,* núm. 120, pp. 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.036>.

Errejón Gómez J. C. (2017). "Áreas naturales protegidas en San Luis Potosí", *Universitarios Potosinos,* núm. 207, pp. 4-10.

Errejón Gómez, J. C., J. Vila Subirós, J. L. Flores Flores, H. Reyes Hernández y C. A. Muñoz-Robles (2018). "Conectividad de los ecosistemas entre las reservas de la biosfera El Cielo y Sierra del Abra Tanchipa en México", núm. 70, pp. 181-196.

Fernández Borja, H. (2019). "Huiricuta: un paisaje sagrado de relevancia biocultural", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,*

vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 287-289.

Flores-Villela, O. y G. Gerez (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y usos del suelo.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México.

García-Frapolli, E. (2012). "Exclusión en áreas naturales protegidas: una aproximación desde los programas de manejo", L. Durand, F. Figueroa y M. Guzmán (eds.), *La naturaleza en contexto. Hacia una ecología política mexicana.* México: Universidad Nacional Autónoma de México / El Colegio de San Luis, pp. 178-190.

Gobierno del Estado (2017). "Segundo informe de gobierno 2016-2017". San Luis Potosí: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

Guevara, S. y M. Ramírez-Pinedo (2017). *Dime qué son las áreas naturales protegidas.* Xalapa: Inecol / Cecadesu.

Guzmán Chávez, M. G. (2016a). "Las áreas naturales protegidas en el norte semiárido de México. Problemas de conceptualización y los desafíos de su gestión y manejo", en S. A. Cañedo y C. Radding (coords.), *Historia, medio ambiente y áreas naturales protegidas en el centro-norte de México. Contribuciones para la ambientalización de la historiografía mexicana, siglos XVIII-XXI*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis, pp. 205-250.

Guzmán Chávez, M. G. (2016b). "El impacto del turismo en la conservación de la biodiversidad en San Luis Potosí", *Sociedad y Ambiente,* vol. 4, núm. 11, pp. 148-159.

Hernández, G. A., F. A. Rosete, L. Salas, L. F. Alvarado, J. Martínez y J. F. Sánchez (2022). "Landscape Planning for Conservation: The Case of the Flora and Fauna Protection Area Sierra de San Miguelito, San Luis Potosi, Mexico", *Diversity,* núm. 14. <https://doi.org/10.3390/d14010025>.

inegi (2008). "Unidades climáticas. Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:1000000". México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568>.

ipcc (2021). "Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb,

M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009157896. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda (2008). "Estado del conocimiento de la biota", en *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad,* vol I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 283-322.

Loa-Loza, E., M. F. Sánchez-Hermosillo, J. G. Torres-Jiménez, O. C. Rosas-Rosas y M. S. Sierra-Rivera (coords.) (2009). *Áreas prioritarias para el manejo y conservación en el estado de San Luis Potosí.* México: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos.

López-Palacios, L. M., J. Fortanelli Martínez, J. L. Flores-Flores y J. García-Pérez (2018). "Análisis de la cobertura vegetal en el gradiente topográfico del cráter La Joya Honda, San Luis Potosí", *Polibotánica,* núm. 46, pp. 119-137.

López-Vázquez, V. H. y G. Martínez de la Vega (2019). "Especies en riesgo", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado*, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 291-299.

Martínez de la Vega, G. (2019a). "Etnozoología", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 275-280.

Martínez de la Vega, G. (2019b). "Fauna cavernícola en la región de la Sierra Madre Oriental", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. II. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 283-288.

Martínez de la Vega, G. (2003). "Utilización de la fauna silvestre en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí", tesis de Maestría en Ciencias (Manejo de Fauna Silvestre), Instituto de Ecología, A. C.

Martínez de la Vega, G. y J. Flores-Rivas (2019). "Resumen ejecutivo. Usos tradicionales y gestión de la biodiversidad", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 233-235.

Martínez de la Vega, G. y J. Palacio-Núñez (1992). *Caracterización ecológica de la laguna Media Luna y su área de influencia.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Martínez de la Vega, G., G. E. Quintero-Díaz, J. Vázquez-Díaz y O. O. R. Martínez (2019). "Biodiversidad del humedal Media Luna", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. II. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 73-78.

Mayorga Muñoz, V. A. y N. A. López Soto (2017). *Cuevas del Viento y la Fertilidad: continuidad ritual entre nahuas y teenek de la Huasteca Potosina.* San Luis Potosí: Fondo Nacional para la Cultura y las Artes / El Colegio de San Luis. <https://www.colsan.edu.mx/arch/dea/Librodigital_Cuevasy-Fertilidad_Fonca.pdf>.

Millenium Ecosystem Assessment (2005). "Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis". Washington. D. C.: World Resources Institute.

Monroy Castillo, M. I. y L. Carregha Lamadrid (2006). *San Luis Potosí. Patrimonio natural y cultural.* San Luis Potosí: Gobierno del Estado de San Luis Potosí.

Murillo Rodríguez, V. S. (2019). "Marco estratégico", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 313-316.

Palacio-Núñez, J., J. R. Verdú, E. Galante, D. Jiménez-García y G. Olmos-Oropeza (2007). "Birds and Fish as Bioindicators of Tourist Disturbance in Springs in Semi—Arid Regions in Mexico: A Basis for Management", *Animal Biodiversity and Conservation,* núm. 30, pp. 29-41.

Peralta-Rivero, C., C. Contreras-Servín, M. G. Galindo-Mendoza, J. F. Mas Caussel y M. Algara-Siller (2014). "Analysis of Land Use and Land Cover Changes and Evaluation of Natural Generation and Potential Restoration Areas in the Mexican Huasteca Region", *Open Journal of Forestry,* vol. 4, núm. 2, pp. 124-135. <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2014.42018>.

Rangel-Rivera, C. E., H. Reyes-Hernández, G. Martínez de la Vega y M. Aguilar-Robledo (2019). "Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (uma)", en *La biodiversidad en San Luis Potos. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 355-361.

Reyes Hernández, H., J. A. De-Nova y F. A. Durán (2018). R*eserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Biodiversidad y acciones para su conservación.* San Luis Potosí: uaslp / conanp / rbsat / fmcn-uat.

Reyes Hernández, H., A. Durán Fernández y F. X. Sahagún Sánchez (coords.) (2019). *Biodiversidad y conservación de ecosistemas de la Región Prioritaria para la Conservación Xilitla.* Guadalajara: Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Universidad de Guadalajara.

Reyes-Pérez, O., V. Vázquez-Solís, H. Reyes-Hernández, M. Nicolás-Caretta y J. G. Rivera-González (2012). "Potencial turístico de la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México", *Economía, Sociedad y Territorio,* vol. xii, núm. 38, pp. 249-275.

Ripple, W. J., C. Wolf, T. M. Newsome, P. Barnard y W. R. Moonmaw (2020). "World Scientists' Warning of a Climate Emergency", *Bioscience,* núm. 70, pp. 8-12.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", *Acta Científica Potosina,* núm. 5, pp. 5-291.

Sahagún-Sánchez, F. J. y J. A. De-Nova (2021). "Multi-Taxonomic Survey in the Sierra del Abra Tanchipa Biosphere Reserve", *Biota Neotropical,* vol. 21, núm. 1, e20201050. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1050>.

Samways, M. J., P. S. Barton, K. Birkhofer, F. Chichorro, C. Deacon, T. Fartmann, C. S. Fukushima, R. Gaigher, J. C. Habel, C. A. Hallmann, M. J. Hill, A. Hochkirch, L. Kaila, M. L. Kwak, D. Maes, S. Mammola, J. A. Norienga, A. B. Orfinger, F. Pedraza, J. S. Pryke, O. R. Roque Fabio, J. Sttele, J. P. Simaika, N. E. Stork, F. Suhling, C. Voster y P. Cardoso (2020). "Solutions for Humanity on How to Conserve Insects", *Biological Conservation,* núm. 242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108427>.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March-Mifsut, A. Mohar, S. Anta-Fonseca y J. de la Maza (2009). "Capital natural de México", *Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 104.

Secretaría de la Convención de Ramsar (2015). "La Convención de Ramsar: ¿de qué se trata?". <https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs_6_ramsar_convention_sp_0.pdf>

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). "Norma Oficial Mexicana nom-059-semarnat-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo", *Diario Oficial de la Federación,* segunda sección, jueves 30 de diciembre.

Torres-Colín, R., J. G. Parra, A. Lucero, M. P. Ramírez, C. Gómez-Hinostrosa, R. T. Bárcenas y H. M. Hernández (2017). "Flora vascular del municipio de Guadalcázar y zonas adyacentes, San Luis Potosí, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* vol. 88, núm. 3, pp. 524-554. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.003>.

Tristán, Mayra (2018). "Pierde protección San Juan de Guadalupe, habrá Desarrollo habitacional en la zona", *El Sol de San Luis* [en línea], 14 de diciembre. <https://www.elsoldesanluis.com.mx/local/pierde-proteccion-san-juan-de-guadalupe-habra-desarrollo-habilitacional-en-la-zona-2799146.html>.

Tristán, A. C., M. R. Saldaña, A. G. C. Ovalle, O. R. Cárdenas, T. B. Waskita y R. F. Putri (2021). "A Proposal for the Determination of a Protected Natural Area (pna) of the Wirikuta Zone in the State of San Luis Potosi, México", *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 686 012027. doi <10.1088/1755-1315/686/1/012027>.

Undiano Errejón, J. A. y M. Carrasco Levet (2019). "Áreas naturales protegidas y otros instrumentos para la conservación", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 317-337.

Vázquez Solís, V., A. G. Palacio Aponte y L. M. López Palacios (2013). "Capacidad de carga turística en el volcán Joya Honda, San Luis Potosí, México: una perspectiva física y perceptiva", *Revista de Análisis Turístico,* núm. 16, pp. 71-80.

Anexo 9.1

Áreas naturales protegidas de competencia federal

Nombre	*Región y Municipios*	*Tipos de vegetación*	*Valores biológicos faunísticos*	*Valores biológicos florísticos*	*Valores geológicos y geomorfológicos*	*Valores culturales y sociales*
Parque nacional El Potosí	*Región:* Media. *Municipio:* Rioverde.	Bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, pastizal inducido.	Cascabel oscuro de Querétaro (*Crotalus aquilus*), culebra sorda mexicana (*Pituophis deppei*), víbora chilladora o cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), víbora de cascabel (*Crotalus scutulatus*), mirlo pinto (*Ridgwayia pinicola*), gavilán pecho rufo (*Accipiter striatus*), clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*), ardilla de Peter (*Sciurus oculatus*), mariposa monarca (*Danaus plexippus*).	Orquídea laelia de mayo o lirio, conocida también como chichiltepetza-cuxóchitl (*Laelia speciosa*), palmita (*Ceratozamia zaragozae*), biznaga barril de acitrón o biznaga de borrachitas (*Ferocactus histrix*).	El relieve es muy accidentado; topografía abrupta, con un rango altitudinal de los 1 500 a 2 480 msnm; la principal elevación es el cerro conocido como El Cuatesoncito. Se llegan a presentar estructuras kársticas como son los colapsos.	El presidente Lázaro Cárdenas buscó que las serranías se constituyeran con el carácter de reservas forestales de la nación. El primer decreto en este sentido instituyó el parque nacional El Potosí, destinado a la conservación perpetua de su flora y fauna en la Serranía Cañada Grande San Luis Potosí. El decreto reconoció que la riqueza forestal del área había disminuido considerablemente y era fundamental proteger su suelo contra la degradación. También considera su belleza natural y la de su flora y fauna como un atractivo para el turismo cuyo beneficio redundaría en los pueblos cercanos y en mejoría en los cultivos agrícolas de los campesinos de las llanuras inmediatas.
Parque nacional El Gogorrón	*Región:* Centro. *Municipio:* Villa de Reyes.	Bosque de encino-pino, bosque de pino en la parte alta; matorral crasicaule, mezquital pastizal natural en el piedemonte, pastizal inducido, vegetación halófila.	Culebra azul corredora (*Coluber constrictor*), víbora chilladora o cascabel cola negra (*Crotalus molosus*), tortuga pecho quebrado mexicana (*Kinosternon integrum*), aguila real (*Aquila chysasetos*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), gato montés (*Lynx rufus*).	Piñón enano (*Pinus johannis*), encino (*Quercus chihuahuensis*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), palma china (*Yucca filifera*), monilla (*Ungnadia speciosa*), sotol (*Dasylirion acrotiche*), biznaga barril de acitrón (*Ferocactus histrix*), coyonostle (*Cylindropuntia imbricata*), biznaga nido de pájaro (*Mammillaria decipiens*), zacate aguja (*Nasella leucotricha*).	Comprende El Bernalejo en el sur de la Sierra de San Miguelito; en la cima se encuentra la formación conocida como Mesa de San José. Un rasgo particular es un monolito vertical, resultado del desgaste de un antiguo cráter volcánico. En los bordes de la parte norte de valle de Villa de Reyes, se observan escarpes de falla que dieron origen al valle.	Abarca las tierras de la exhacienda y serranía de Gogorrón y se extiende hacia San Felipe Guanajuato. Además de los fines de conservación, el decreto tuvo la intención de restaurar la vegetación forestal para formar un oasis en la zona desértica aledaña a la capital del Estado, que pudiera ser un atractivo turístico y estimular a campesinos y ejidatarios a mejorar sus cultivos y manejo ganadero. Incluye un coto de caza y una reserva forestal.

Área de protección de flora y fauna Sierra de Álvarez	*Región:* Centro. *Municipios:* Armadillo de los Infante y Villa de Zaragoza.	Bosque de encino, pastizal natural, pastizal inducido.	Tortuga pecho quebrado mexicana (*Kinosternon integrum*), cascabel obscuro de Querétaro (*Crotalus aquilus*).	Laurel (*Litsea glaucescens*), biznaga barril de acitrón (Ferocactus histrix), fresno (*Acer negundo* spp. *mexicanum*).	La Sierra de Álvarez separa al Valle de San Luis Potosí y la Región Media. El Valle de los Fantasmas está formado por grandes bloques de calizas arrecifales que han sufrido los efectos de la erosión y disolución de carbonatos y sobresalen entre la vegetación por su colorido blanco. La Puente es una gruta espectacular en donde un arroyo superficial se transforma en rio subterráneo.	Es la cuarta zona de protección forestal en el estado con el propósito de proteger bosques y fauna silvestre, así como la preservación y enriquecimiento de aguas y suelos.
Área de protección de flora y fauna Sierra La Mojonera	*Región:* Altiplano. *Municipio:* Vanegas.	Matorral desértico rosetófilo asociado con matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo asociado con matorral submontano, matorral desértico micrófilo, relictos de bosque de pino piñonero.	Perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*), vampiro ala blanca (*Diaemus youngi*), murciélago con cola (*Enchisthenes hartii*), murciélago pinto (*Euderma maculatum*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*), águila real (*Aquila chrysaetos*), puma (*Puma concolor*), coyote (*Canis latrans*), mariposa monarca (*Danaus plexippus*), grulla (*Antigone canadensis*).	Biznaga tonel (*Echinocactus platyacanthus*), biznaga barril (Ferocactus pilosus), peyote (*Lophophora williamsii*).	Esta sierra se ubica en la Región del Altiplano, y presenta un relieve abrupto que contrasta con los amplios valles de la región. La sierra está formada por rocas sedimentarias de la Formación Indidura y Cuesta del Cura. En el núcleo del anticlinal es posible encontrar rocas más antiguas, de edad Jurásica.	Permite conservar múltiples cañadas y planicies que constituyen un refugio para especies de fauna ya que es el hábitat relictual del venado cola blanca, águila real, perro de la pradera, murciélagos nectarívoros protegidos por la norma mexicana, que por ser migratorios realizan migraciones mayores a más de mil kilómetros, pumas y coyotes. El Encino es el poblado más cercano y su actividad económica es la ganadería caprina. Es importante en la recarga de acuíferos, un servicio ecosistémico esencial en las zonas áridas, y pieza importante del paisaje que se requiere para ir dando conectividad a los ecosistemas de la sierra Madre Oriental.
Reserva de biosfera Sierra del Abra-Tanchipa	*Región:* Huasteca. *Municipio:* Ciudad Valles y Tamuín.	Bosque tropical caducifolio y subcaducifolio.	Jaguar (*Panthera onca*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), ocelote (*Leopardus pardalis*), guacamaya verde (*Ara militaris*), loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*), rascador gorra canela (*Atlapetes pileatus*), colibrí frente verde (*Amazilia viridifrons*), zumbador mexicano (*Atthis heloisa*), matraca serrana (*Campylorhynchus gularis*), tapacaminos ticurú (*Antrostomus salvini*), mascarita de Altamira (*Geothlypis flavovelata*).	Soyate (*Beaucarnea inermis*), torito morado (*Stanhopea tigrina*), chamal (*Dioon edule*), palma de Guadalupe (*Brahea edulis*), pitaya (*Hylocereus undatus*), orquídea (*Laelia anceps*).	Presenta restos paleontológicos, innumerables restos de materiales de fósiles marinos, que incluyen diversas especies de peces depositados en el lecho marino de la época, sellados por fangos que los preservaron hasta la actualidad, así como plantas y caracoles que demuestran la riqueza del área como barrera y banco coralífero.	Funciona como cortina meteorológica y genera la recarga de los mantos acuíferos del valle de Tamuín y Ciudad Valles. Uno de los últimos reductos de flora y fauna de selva neotropicales del nordeste del país. Abundan hoyas, sótanos y sistemas de cuevas. Protege el centro ceremonial de la cultura huasteca, denominado La Hondurada, debido a su gran valor arqueológico.

Área de protección de flora y fauna Sierra San Miguelito	*Región:* Centro *Municipios:* Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Villa de Reyes y Villa de Arriaga.	Matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, bosque de pino, bosque de pino encino, bosque de encino, chaparral, pastizal natural, pastizal inducido, mezquital extradesértico, zacatal.	Rana de Moctezuma (*Lithobates montezumae*) y rata canguro de Phillip (*Dipodomys phillipsii*) son especies sujetas a protección especial. La lagartija cornuda de montaña (*Phrynosoma orbiculare*), y el Águila real (*Aquila chrysaetos*) son especies amenazadas. Otra fauna importante presente: aguililla aura (*Buteo albonotatus*), halcón de pradera (*Falco sparverius*), pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*), tejón o tlalcoyote (*Taxidea taxus*), tortuga casquito (*Kinosternon integrum*), lagartija escamosa (*Sceloporus* spp.), alicante o cincuate (*Pithuophis deppei*), cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), mexcalpique viejo (*Xenoophorus captivus*).	Pinos piñoneros (*Pinus cembroides* y P. *johannis*), *Quercus castanea, Q. eduardii, Q. laeta* y *Q. mexicana*; y otras especies de encinos, diez especies del género *Mammillaria* y de éstas ocho son endémicas; *Stenocactus coptonogonus* y *Schaffnera gracilis*, también son endémicas, Sotol (*Dasylirion acrotriche*), guayule (*Parthenium argentatum*), mezquite (*Neltuma laevigata, P. juliflora*), yuca (*Yucca filifera*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey (*Agave salmiana*), copal (*Bursera fagaroides*), ramoncillo (*Dalea bicolor*), ocotillo (*Dodonaea viscosa*), huizache (*Acacia schaffneri*), candelilla (Euphorbia antisyphilitica).	Se localiza en un macizo montañoso de origen volcánico de relieve escarpado. En especial la presencia de cantera en la región es aprovechada para la creación de distintas piezas de decoración. El Paseo de la Presa se ubica en un estrecho valle; es flaqueado por rocas volcánicas de composición riolítica sobre las que fue construida la presa en 1903.	Su cobertura de vegetación contribuye a la recarga de los acuíferos de los municipios de Villa del Reyes y San Luis Potosí. Es un espacio de recreación. Es una derivación sobre el río Santiago con una superficie boscosa además de la parte principal del vaso en la presa San José, su cortina y la continuación del Río Santiago.

Áreas naturales protegidas de competencia estatal

Nombre	*Región y Municipios*	*Tipos de vegetación*	*Valores biológicos faunísticos*	*Valores biológicos florísticos*	*Valores geológicos y geomorfológicos*	*Valores culturales*
Reserva estatal Real de Guadalcázar	*Región:* Altiplano. *Municipios:* Guadalcázar, Villa Hidalgo. *Región:* Centro *Municipios:* Cerritos.	Bosque de táscate, bosque mesófilo, bosques de encino sobre distintos tipos de suelo, de encino-pino, matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo (con un bosque de yucas) y matorral submontano, mezquital desértico, chaparral, pastizal natural y gipsófilo.	Víboras de cascabel (*Crotalus atrox, C. pricei*), pato mexicano (*Anas diazzi*).	Numerosas biznagas de los géneros *Ariocarpus, Astrophytum, Coryphantha, Echinocactus, Echinocereus, Epithelantha, Ferocactus, Mammillaria, Thelocactus, Turbinicarpus,* candelilla (*Euphorbia antisphylitica*), palma loca (*Yucca carnerosana*), guayule (*Parthenium argentatum*), barreta (*Helietta parvifolia*), palo estaca (*Neopringlea integrifolia*), capulincillo (*Karwinskia mollis*), maguey cenizo (*Agave asperrima*), maguey (*Agave atrovirens*), henequén (*Agave fourcroydes*), nogal (*Carya pecan*), zapote blanco (*Casimiroa edulis*), zapotillo (*Casimiroa pringlei*), albarda (*Fouquieria splendens*), fresno (*Fraxinus uhdei*), nogal encarcelado (*Juglans mollis*), nopal liso (*Opuntia ficus-indica*), nopal manso (*Opuntia megacantha*), nopal cardón (Opuntia streptacantha), órgano (*Pachycereus marginatus*), retama (*Parkinsonia aculeata*).	Enclavada en la parte más alta de Guadalcazar se ubica el Cerro de las Comadres, formado por rocas graníticas, que debido al intemperismo forman grandes monolitos. Otro proceso es la disolución de carbonatos de las formaciones en las rocas calizas que da lugar a la creación de grutas como San Cayetano, Cima de las Cabras, Tule, Los Muertos y Capulines.	Es una importante zona de conservación de cactáceas, uno de los patrimonios naturales más importantes de San Luis Potosí. Cuenta con alrededor de 200 sitios de interés arqueológico e histórico registrados con basamentos de más de 2 m de altura, asentamientos sobre minas, yacimientos de fósiles, cascos de exhaciendas, iglesias, conventos y caminos reales, que forman parte del patrimonio cultural.
Parque urbano Paseo de la Presa	*Región:* Centro. *Municipio:* San Luis Potosí.	Matorral desértico, matorral rosetófilo, mezquital extradesértico, chaparral, zacatal.	Ardilla gris (*Otospermophillus variegatus*), halcón de cola roja (*Buteo jamaicensis*), lagartija escamosas (*Sceloporus* spp.), lagartija de líneas (*Cnemidophonis* spp.), liebre (*Lepus californicus*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), coyote (*Canis latrans*), ratón de campo (*Peromyscus* spp.), tlacuache (*Didelphis virginianus*), aura (*Cathartes aura*), cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), codorniz (*Callipepla squamata*), cuervo (*Corvus conax*), halcón de pradera (*Falco sparverius*), lechuza (*Tyto alba*), paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*), tordo (*Molothrus ater*).	Sotol (*Dasylirion acrotriche*), guayule (*Parthenium argentatum*), mezquite (*Neltuma laevigata, P. jiliflora*), yuca (*Yucca filifera*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey (*Agave salmiana*), copal (*Bursera fagaroides*), ramoncillo (*Dalea bicolor*), ocotillo (*Dodonaea viscosa*), huizache (*Acacia schaffneri*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).	El Paseo de la Presa se ubica en un estrecho valle; es flanqueado por rocas volcánicas de composición riolítica sobre las que fue construida la presa en 1903.	Es un espacio de recreación. Es una derivación sobre el río Santiago con una superficie boscosa además de la parte principal del vaso en la presa San José, su cortina y la continuación del río Santiago.

Reserva Estatal Sierra del Este y Sierra de En Medio	*Región:* Huasteca. *Municipio:* El Naranjo.	Selva baja subcaducifolia, palmares.	Perico verde o quila (*Psittacara holochlorus*), masacuata (*Boa sigma*), cigüeña americana (*Mycteria americana*), pato real (*Cairina moschata*), aguililla cola blanca (*Buteo albicaudatus*), viejo de monte (*Eira barbara*), jaguarundi (*Puma yagouaroundi*).	Soyate (*Beucarnea inermis*), chamal (*Dioon edule*).	La reserva está ubicada en los valles intermontanos de la Huasteca Alta, en donde las rocas Cretácicas son plegadas y dan lugar al relieve formado por largos valles y sierras con dirección casi Norte-Sur. Los valles son flanqueados por rocas sedimentarias del Cretácico (formaciones del Abra y Agua Nueva), mientras que los valles se localizan sobre calizas arcillosas y lutitas de las formaciones San Felipe y Méndez respectivamente.	Se conservan especies emblemáticas para el estado de San Luis Potosí, de las regiones más cálidas y lluviosas.
Reserva Estatal Tancojol	*Región:* Huasteca. *Municipio:* San Vicente Tancuayalab.	Selva subperennifolia.	Loro cabeza amarilla (A*mazona oratrix*) y loro tamaulipeco de frente roja (*Amazona viridigenalis*), víbora masacuata (*Diadophis punctatus*), falsa coralillo (*Lampropeltis triangulum*) y armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*).	Guazima (*Guazuma ulmifolia*), cuajilote (*Parmentiera aculeata*), álamo (*Populus arizonica*), sauce (*Salix humboldtiana*).	Se localiza en la Huasteca baja, a una elevación de 30 msnm, y se caracteriza por amplias planicies. Se encuentra sobre rocas sedimentarias compuestas por lutitas. Debido a que en el subsuelo predominan las rocas sedimentarias con alto contenido arcilloso, el agua subterránea es escasa; sin embargo, esa misma característica favorece la acumulación de agua superficial.	Es un relicto de selva en una curva de río en una zona muy devastada por la ganaderización. Es un área de refugio de flora y fauna.
Reserva Estatal Ejido La Loma	*Región:* Media. *Municipio:* Rioverde.	Bosque de pino, bosque de pino -encino y bosque de encino-pino.	Búho manchado (*Strix occidentalis*), clarín jilguero (*Myadestes occidentalis*).	Encino laurelillo (*Quercus laurina*), roble (*Q. oleoides*), encino prieto (*Q. glacoides*), encino amarillo (*Q. macrophylla*), encino blanco (*Q. candicans*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino colorado (*Q. castanea*), encino prieto (*Q. laeta*), pino chino (*Pinus leiophylla*), pino escobetón (*P. michoacana*), ocote trompillo (*P. oocarpa*).	Se encuentra en las cercanías de la Sierra de Álvarez. Tiene un relieve abrupto debido a que es formado por calizas de plataforma. Se presentan estructuras kársticas dando lugar a grutas y manantiales.	El sistema hidrológico favorece de manera importante a los procesos de recarga del Acuífero Río Verde, que surte a la Media Luna, cuya agua se destina para la agricultura y el uso público urbano. Se conserva una biodiversidad asociada al bosque de encino y de pino-encino.
Reserva Estatal del Paisaje Cultural y sitio sagrado natural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika	*Región:* Altiplano. *Municipio:* Catorce, Villa de la Paz, Matehuala, Villa de Guadalupe, Charcas, Salinas y Villa de Ramos.	Encinar, pinar, cedral, encinar arbustivo, matorral submontano, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo, matorral crasicaule, pastizal o zacatal.	Águila real (*Aquila chrysaetos*).	Peyote (*Lophophora williamsii*), biznaga peyotito (*Turbinicarpus lophophoroides, T. schmiedickeanus*), chaute (*Ariocarpus fissuratus, A. retusus*), biznaga (géneros *Astrophytum, Coryphantha, Echinocactus, Escobaria, Ferocactus, Mammilloydia, Thelocactus* y *Turbinicarpus*), pino piñonero (*Pinus cembroides*), pino real (*Pinus greggii*), tascate (*Juniperus erythrocarpa*).	Uno de los principales sitios en la ruta se ubica en Real de Catorce, en donde se localizan las mayores elevaciones de la Región del Altiplano. La sierra está formada por rocas sedimentarias de diferentes edades que van desde el Triásico al Cretácico.	Es una reserva representativa del desierto chihuahuense y la zona protegida se divide en áreas núcleo y área intermedia. En la primera se practican los rituales y recolectan materiales. La intermedia considera los espacios que rodean y unen cada una de las áreas núcleo sobre la ruta de peregrinación, donde se reproduce una variedad de peyote (hikuri) que es el motivo central de la peregrinación de los huicholes.

Monumento Natural El Sótano de las Golondrinas	*Región:* Huasteca. *M u n i c i p i o :* Aquismón.	Selva alta perennifolia.	Zona de anidación de aves y murciélagos, loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*) y loro tamaulipeco de frente roja (*Amazona viridigenalis*), vencejo (*Streptoprocne zonaris*), víbora masacuata (*Diadophis punctatus*).	Pemoche (*Erythrina* sp.), higuerón (*Ficus cotinifolia*), palo rojo (*Bursera* sp.), palo-escrito (*Dalbergia* sp.), palma camedor (*Chamaedorea tepejilote*), papelillo o chaca (*Bursera simaruba*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), ceiba (*Ceiba pentandra*), aguacatillo (*Persea* sp.), chalahuite (*Inga* sp.), nogal (*Carya* sp.), copalillo, quirámbaro o sumerio (*Liquidambar styraciflua*).	Forma parte del sistema kárstico de la Sierra Madre Oriental, que por procesos de disolución de la roca caliza, provoca la formación de grandes cavidades y colapsos de los techos rocosos, siendo una de las más grandes del mundo.	A nivel internacional ocupa el sexto lugar y a nivel nacional es el 2o abismo más grande con 376 m de caída libre y 512 m de profundidad total. Constituye un atractivo turístico.
Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad	*Región:* Huasteca. *Municipio:* Xilitla.	Relicto de bosque tropical subperennifolio.	Jaguar (*Panthera onca*), perico o periquiullo quila (*Psittacara holochlorus*), vencejo (*Streptoprocne zonaris*), hocofaisán (*Crax rubra*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*) y temazate (*Mazama americana*).	Ojite (*Brosimum alicastrum*), chaca (*Bursera simaruba*), ceiba (*Ceiba pentandra*), palo uvero (*Coccoloba barbadensis*), palo santo (*Dendropanax arboreus*), higuerón (*Ficus mexicana*), quebrache (*Aphananthe monoica*), telcón (*Carpodiptera ameliae*), xalama (*Ficus padifolia*), matapalo (*Ficus tecolutensis*), Jonote (*Heliocarpus donnell— smithii*), copalillo (*Protium copal*), ata (*Adelia barbineris*), carne de caballo (*Alchornea latifolia*), piñoncillo (*Garcia nutans*), palo de cuchara (*Trichilia havanensis*), volantín (*Zuelania guedonia*).	Se ubica en el frente de la Sierra Madre Oriental hacia el Golfo, y es formado por calizas arcillosas y areniscas del Cretácico Superior. Debido a que se ubica al pie de la Sierra, en la parte más baja es común la surgencia de agua a través de manantiales (El Nacimiento). La Cueva del Viento y la Fertilidad corresponde a una gruta desarrollada por la disolución de la caliza. El agua subterránea va cargada en carbonatos que precipitan formando estructuras llamadas estalactitas (formadas en el techo) y estalagmitas (formadas en el piso), que se dice que adoptan la forma de la diosa "Tlazolteotl" o diosa de la Fertilidad.	Estas cuevas también reciben el nombre Tambokom-mim y Xomoconco. Tienen gran importancia en la transmisión de cargos tradicionales y del conocimiento oral. Los chamanes y médicos indígenas tradicionales buscan el poder para dar salud a sus enfermos y las parteras solicitan la buena fertilidad para las madres gestantes; también se pide por la fertilidad de las cosechas en rituales agrícolas.
Monumento Natural La Hoya de las Huahuas	*Región:* Huasteca. *Municipio:* Aquismón.	Bosque tropical subperennifolio.	Refugio y anidación de aves silvestres como perico (*Psittacara holochlorus*), vencejo (*Streptoprocne zonaris*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), puma (*Puma concolor*) y pecarí de collar (*Dicotyles tajacu* o *D. crassus sin.*).	Volantín (*Zuelania guidonea*), copalillo, quirámbaro o sumerio (*Liquidambar styraciflua*), chaca (*Bursera simaruba*), chalahuite (*Inga* sp.), guazima (*Guazuma ulimifolia*), higuerón (*Ficus cotinifolia*), jonote (*Heliocarpus donnell—smithii*), ojite (*Brosimum alicastrum*).	Localizado en la Sierra Madre Oriental, está formado por grandes paquetes de caliza que, al ser afectados por la disolución de carbonatos, dan lugar a cavidades subterráneas, las cuales, una vez colapsadas, forman enormes agujeros conocidos como sótanos.	Uno de los salones subterráneos más grandes del mundo y a nivel nacional el 12avo abismo más grande con 202 m de caída libre y 478 m de longitud. Constituye un atractivo turístico.

Monumento Natural Joya Honda	*Región:* Centro. *Municipio:* Soledad de Graciano Sánchez.	Matorral rosetófilo, matorral submontano o xerófilo.	Rana de árbol de montaña (*Dryophytes eximius*), cincuate (*Pithuophis deppei*), culebra chirrionera roja (*Masticophis flagellum*), cascabel (*Crotalus scutulatus*), cascabel cola negra (*Crotalus molossus*), lagartija espinosa (*Sceloporus spinossus*), ratón (*Peromyscus eremicus*), ratón de campo de manos blancas (*Peromyscus maniculatus*), ratón de abazones de Nelson (*Chaetodipus nelsoni*), aguililla rojinegra (*Parabuteo unicintus*), colibrí pico ancho (*Cynanthus latirostris*), saltapared (*Tryomanes bewicki*).	Varias especies de los géneros *Mammillaria, Opuntia* y *Neltuma,* crucillo (*Condalia hookeri*), ébano (*Ebenopsis ebano*), ocotillo (*Gochnatia hypoleuca*), barreta (*Helietta parvifolia*), chapote prieto (*Diospyros texana*), tenaza (*Havardia pallens*), chapotillo (*Amyris madrensis*), palo dulce (*Eysenhardtia texana*), guayacán (*Guaiacum angustifolium*).	Se ubica al norte de la región Centro. Es un maar o cráter volcánico ancho y bajo, producido por una erupción freático-magmática, es decir, una explosión causada por agua subterránea que entra en contacto con lava caliente o magma. El evento afectó rocas cretácicas de las formaciones Indidura y Cuesta del Cura. El cráter tiene un eje menor de 900 m y un eje mayor de 1300 m. La explosión arrojó un gran volumen de material piroclástico que originó una depresión con una profundidad que alcanza hasta los 300 m.	Es un espacio de gran belleza por su carácter único, y es utilizado para actividades de recreación como senderismo.
Parque estatal Bosque Adolfo Roque Bautista	*Región:* Huasteca. *Municipio:* Tamuín.	Selva baja caducifolia o bosque espinoso.	Jaguar (*Panthera onca*), tigrillo (*Leopardus wiedii*), perico (*Psittacara holochlorus*), hocofaisán (*Crax rubra*).	Ébano (*Pithecelobium flexicaule*), palo de arco (*Pithecelobium brevifolium*), chaca (*Bursera simaruba*), chijol (*Piscidia piscipula*), guazima (*Guazuma ulmifolia*), cerón (*Phylostylon brasiliensis*), aguacatillo (*Cinnamomum tampicense*), tullidora (*Karwinskia humboldtiana*), cedro rojo (*Cedrela odorata*).	Se ubica en la Huasteca baja, y se caracteriza por un relieve llano a una elevación de 45 msnm. El subsuelo está constituido por lutitas del Cretácico Superior.	Un reducto del bosque espinoso o selva baja espinosa, cuya distribución más al norte se alcanza en San Luis Potosí.
Parque estatal Manantial de la Media Luna	*Región:* Media. *Municipio:* Rioverde.	Vegetación acuática- humedales, rodeados de mezquital extradesértico, matorral submontano, matorral inerme (micrófilo).	Cachorrito de Media Luna (*Cualac tessellatus*), mojarra huasteca (*Cichlasoma — Herichthys -* spp.) y goodeido (*Ataeniobius toweri*).	Sabinos (*Taxodium mucronatum*), sauce (*Salix* sp.), tule (*Typha domingensis*), nenufar o lirio (*Nymphaea ampla*).	Se encuentra en la región Media, en el Valle de Rio Verde, a una elevación de 1000 msnm. Se localiza en un amplio valle desarrollado sobre rocas sedimentarias de la formación El Abra, y es posible que su surgencia esté asociada a una falla geológica. Tiene un lago con una profundidad de 36.7 m, y en el fondo se presentan grutas y túneles. El Lago es alimentado por flujos intermedios que circularon por la Formación Guaxcama que la enriqueció en sulfatos.	Sistema regional de manantiales que forman humedales de gran valor para las poblaciones locales. La Media Luna es un importante atractivo turístico en la zona. Está formado por una laguna principal de aproximadamente 2.5 ha alimentada por una serie de canales donde existen varios manantiales pequeños. Dentro del cuerpo original principal emergen seis grandes nacimientos de agua que debido al tipo de suelo han alcanzado forma de cráteres, característica que junto con su forma exterior le dio su nombre. Al fondo es posible ver restos de dos esqueletos de mamut. El fondo de los cráteres está a distintas profundidades de entre 9 y 36 m. Entre los seis manantiales menores el más relevante es el Santuario de las Tortugas que en realidad es un sistema de manantiales que forman la cueva o las cuevas cráter bajo techo de cerca de 4 m de profundidad.

Parque estatal Palma Larga	*Región:* Media. *Municipio:* Rioverde.	Vegetación acuática- humedales, matorral desértico micrófilo, mezquital extradesértico.	Cachorrito de Media Luna (*Cualac tessellatus*), mojarra huasteca (*Herichthys labridens, H. cyanoguttatum, H. steindachneri* y *H. bartoni*), goodeido (*Ataeniobius toweri*), tortuga orejas rojas (*Trachemys scripta*) y tortuga casquito de fango (*Kinosternon integrum*).	Sabino (*Taxodium mucronatum*), y herbáceas subacuáticas como carrizo (*Phragmites* sp.), tule (*Typha domingensis*), tulillo (*Scirpus* sp.), y plantas flotantes nenúfares (*Nymphaea ampla*).	Se ubica en la Región Media, en el Valle de Río Verde. El relieve está formado por lomeríos, en los que alcanza a distinguirse las calizas de la Formación El Abra. Los manantiales son alimentados por flujos intermedios procedentes de la Sierra de Álvarez.	Forma parte del sistema de manantiales, al igual que la Media Luna. Protege especies de peces endémicos de San Luis Potosí. El cauce de Palma Larga y sus márgenes han sido tradicionalmente protegidas por el ejido Puente del Carmen y su anexo Bordo Blanco.

Sitios Ramsar

Nombre	*Región y Municipios*	*Tipos de vegetación*	*Valores biológicos faunísticos*	*Valores biológicos florísticos*	*Valores geológicos y geomorfológicos*	*Valores culturales*
Sitio Ramsar Arroyos y manantiales de Tanchachín no. 1766	*Región:* Huasteca. *Municipio:* Aquismón y Ciudad Valles.	Vegetación secundaria, palmar, selva mediana, Huizachal.	Rana leopardo (*Lithobates berlandieri*), cocodrilo (*Crocodylus moreletii*), cangrejero negro (*Buteogallus anthracinus*), murciélago negro (*Myotis nigricans*), jaguar (*Panthera onca*), iguana mexicana de cola espinosa (*Ctenosaura pectinata*), cincuate (*Pituophis deppei*), vireo ojos blancos (*Vireo griseus*), pato pinto (*Anas strepera*).	Cedro (*Cedrela odorata*), palma mícharo (*Sabal mexicana*), espino blanco (*Adelia barbinervis*), encino (*Quercus oleoides*), árboles de aguacate (*Persea americana*), zapote chico (*Manilkara zapota*) y zapote negro (*Diospyros palmeri*), higueras (*Ficus* sp.), sauce llorón (*Salix* sp.).	Se encuentra ubicado en la parte Este de la Sierra Madre Oriental. El sitio es formado por calizas de la Formación El Abra y calizas con lutitas, lo que favorece que las corrientes de agua permanezcan en la superficie. En el contacto entre la caliza y las calizas con lutita es común la surgencia de agua por medio de manantiales. Uno de los lugares como la cascada de Tamul con una altura de 105 m y 300 m de ancho es formada por la diferencia de elevación del cauce del Rio Santamaría; también es importante resaltar el color del agua, el cual adquiere un color aguamarina debido a su alto contenido de sulfatos.	Los humedales son parte fundamental del ciclo hidrológico y hábitat de numerosas especies de flora y fauna que sólo se encuentran en estos ecosistemas. Este humedal también tiene gran valor como área de recreación en el estado, con numerosos atractivos asociados, como imponentes cascadas.
Sitio Ramsar Ciénaga de Tamasopo no. 1814	*Región:* Media. *Municipio:* Tamasopo.	Vegetación acuática, y rodeado por selva mediana, palmar, pastizal cultivado, vegetación secundaria, vegetación secundaria con palmar, huizachal, matorral espinoso con palmar, áreas de cultivo de mango, plátano y principalmente cañaveral.	Tortuga casquito de agua dulce (*Kinosternon integrum*), cocodrilo (*Crocodylus moreletii*), patos (*Anas clypeata, A. strepera, A. americana*), boa o mazacuata (*Boa sigma*), serpiente de cascabel (*Crotalus scutulatus*), iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), falsa coral (*Lampropeltis triangulum*), cincuate (*Pituophis deppei*), gavilán americano (*Accipiter striatus*), aguililla cola blanca (*Buteo albicaudatus*), pecarí de collar (*Dicotyles crassu* o *D. tajacu sin.*).	Tular (T*ypha* sp.- 90%), lirio (*Nymphaea ampla*-5%) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*- 5%). Alrededor cicada (*Dioon edule*), palma mícharo (*Sabal mexicana*), barranco (*Aphananthe monoica*), palo de rosa (*Tabebuia rosea*), oxite (*Brosimum alicastrum*), chaca (*Bursera simaruba*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), ceiba (*Ceiba pentandra*).	El sitio se ubica en la Sierra Madre Oriental, y presenta el contraste entre un relieve abrupto y amplios valles. La descarga del agua subterránea a través de manantiales que dan lugar a cascadas espectaculares. Debido al alto contenido de carbonatos ocurre precipitación de éstos mismos, creando paisajes de estalagmitas en las cascadas. El sitio más conocido es el Puente de Dios, que tiene una forma semicircular con cascadas y un túnel formado por la disolución de la roca que le da el nombre al sitio.	Los humedales son parte fundamental del ciclo hidrológico y hábiat de numerosas especies de flora y fauna que solo se encuentran en estos ecosistemas. Este humedl también tiene gran valor como área de recreación en el Estado, con numerosos atractivos asociados, como imponentes cascadas.

(Fuentes: García-Marmolejo, 2013; García-Marmolejo *et al*., 2013; Martínez *et al*., 2016).

Bosque de encino (BE), Bosque mesófilo (BM), Bosque de pino (BP), Bosque de pino-encino (BP/E), Depresión cárstica (DC), Manantial (La), Matorral (Ma), Pastizal (Pa), Sistema acuático (SA), Selva caducifolia (SC), Selva Subperennifolia (SsP), Selva perennifolia (SP) y Vegetación secundaria (VS).

Anexo 9.2

Regiones terrestres prioritarias

Número y nombre	*Municipio*	*Relevancia*	*Vegetación*	*Flora y fauna*
80. Tokio	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí, en los municipios de Vanegas, Catorce y Cedral.	Las últimas colonias de perritos de la pradera.	Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, vegetación halófila, suelo agrícola, pecuario y forestal, vegetación gipsófila.	Perrito de la pradera *(Cynomys mexicanus)*, tejón o tlalcoyote (*Taxidea taxus*), zorra del desierto (*Vulpes macrotis*), águila real (*Aquila chrysaetos*), flor de cal (*Frankenia gypsophila*), navajita salina (*Bouteloua chasei*), flor de grulla (*Dicranocarpus* sp.) y *Nerisyrenia* sp.
87. El Huizache	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí, en los municipios de Guadalcázar, Matehuala.	Alta concentración de endemismos.	Matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, suelo agrícola, pecuario y forestal.	Yuca (*Yucca filifera*), gobernadora (*Larrea tridentata*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), cactus (*Ariocarpus bravoanus, Pelecyphora aselliformis, Astrophytum myriostigma, Echinocactus platyacanthus, Ferocactus histrix*) y águila (*Aquila chrysaetos*).
88. Pastizales gipsófilos de Matehuala	Villa de Guadalupe, Guadalcázar, Matehuala y Villa Hidalgo.	La antigüedad de los afloramientos permitió la diversificación de una flora gipsófila peculiar para México, con muchos endemismos.	Principalmente pastizal gipsófilo y matorral desértico micrófilo.	Perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*), pastizales (*Bouteloua chasei, Muhlenbergia purpusii* y *Sporobolus nealleyi*).
96. Sierra del Abra-Tanchipa	Ciudad Valles y Tamuín.	Se encuentra en el límite boreal de las selvas bajas, de las medianas, del encinar tropical y del palmar. Las especies de origen tropical constituyen ecotipos de gran valor evolutivo adaptados a temperaturas bajas invernales. Es una zona de alta diversidad biológica de plantas y vertebrados.	Bosque tropical caducifolio y tropical deciduo, encinares.	Jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*), soyate (*Beaucarnea inermis*), chaca o palo mulato (*Bursera simaruba*).
97. Llanura del río Verde	Rioverde, Villa Juárez, Ciudad Fernández, Ciudad del Maíz y Cerritos.	Planicie de un antiguo lago, del cual queda el complejo formado por la laguna Media Luna y Los Anteojitos. La región está compuesta por una mezcla de suelos de yeso y salinos alternando con suelos de origen calizo, por lo cual la vegetación es gipsófila y halófila, principalmente con una estructura de pastizal. Es importante la presencia de rodales de sabinos de gran antigüedad.	Pastizal yesoso, mezquital extradesértico.	Endemismos de peces: *Herichthys labridens, H. bartoni, H. steindachneri, Cualac tessellatus, Ataeniobius toweri, Dionda mandibularis*. Árboles de sabinos (*Taxodium mucronatum*).

98. Sierra de Álvarez	Santa María del Río, Zaragoza, Rioverde, Armadillo de los Infante, San Nicolás Tolentino, Cerro de San Pedro, Ciudad Fernández, Tierra Nueva, Soledad de Graciano Sánchez y Villa Hidalgo.	Hay una buena integridad de los ecosistemas. Se caracteriza por presentar especies endémicas de México y con distribución restringida.	Bosque templado con asociación de encinos y coníferas.	Endémicas de México y con distribución restringida, como *Taxus globosa* y *Pinus tecunumanii*; ocelote (*Leopardus pardalis*) y ardilla voladora (*Glaucomys volans*).
101. Sierra Gorda- río Moctezuma	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí, en los municipios de Aquismón, Xilitla, Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Matlapa, Huehuetlán, Tancanhuitz, Tanlajás, Tamasopo, Ciudad Valles y Coxcatlán.	Vegetación de los cañones que forman los afluentes del Pánuco: el Amajac-Moctezuma y el Santa María-Tampaón. Habita una importante cantidad de endemismos.	Bosque de encino, bosque de pino, bosque tropical perennifolio, bosque tropical deciduo, matorral submontano.	Hocofaisán (*Crax rubra*), pajuil (*Penelope purpurascens*), cotorra frente roja (*Amazona viridigenalis*) y codorniz o perdiz veracruzana (*Dendrortyx barbatus*).

Regiones hidrológicas prioritarias

Número y nombre	*Municipio*	*Vegetación*	*Flora y fauna relevantes*	*Recursos hídricos principales lénticos*	*Recursos hídricos principales lóticos*	*Conservación:*
51 Camacho - Gruñidora	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí, en los municipios de Santo Domingo y Villa de Ramos.	Halófita, zacatal, matorral desértico rosetófilo y crasicaule, mezquital, nopalera.	Peces: *Campostoma ornatum, Catostomus bernardini, Etheostoma grahami, Notropis nazas* y *Pantosteus plebeius*.	Presas, bordos ganaderos y agrícolas, lagos salinos.	Río de las Nieves o Grande, arroyos	Es evidente la sobreexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez).
54 Venado - Moctezuma	Villa de Guadalupe, Villa Hidalgo, Matehuala, Villa de Arista y Venado.	Matorral espinoso, zacatal, mezquital.	Acocil (*Procambarus* sp.) y mexclapique viejo (*Xenoophorus captivus*).		Manantiales.	Preocupa la desecación de pozos, la sobreexplotación del recurso hídrico y la desforestación. Falta un inventario biológico; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno; estudios fisicoquímicos.
72 Río Tamesí	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí, en los municipios de Ébano y Tamuín.	Tular-popal, manglar, palmar, bosque tropical subperennifolia y caducifolia, bosque de encino, pino-encino y mesófilo de montaña, matorral xerófilo, pastizal inducido y cultivado.	Tortuga pecho quebrado (*Kinosternon herrerai*), guacamaya verde (*Ara militaris*), búho cornudo (Bubo virginianus), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), cotorra serrana oriental (*Rhynchopsitta terrisi*), coyote (*Canis latrans*), ocelote (*Leopardus pardalis*), nutria (*Lontra longicaudis annectens*), jaguar (*Panthera onca*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y oso negro (*Ursus americanus*), entre otras.	Lagos Tortugas, Altamira, de Chairel y de la Culebra, humedales, cenotes.	Ríos Tamesí, Sabinas, Mante y Guayalejo, arroyos de las Ánimas, Tantoán, Naranjo y Naranjal.	Preocupa la degradación del sistema como parte de la Reserva de la Biosfera El Cielo, para lo cual deben ejecutarse planes de manejo; la desecación y sobreexplotación en humedales debe detenerse pues soporta a varias comunidades además de ser una fuente de abastecimiento de recursos alimenticios. No hay un estudio continuo e integral de la zona.
74 Lago de la Media Luna	Rioverde, Ciudad Fernández y Cárdenas.	Matorral submontano, matorral desértico micrófilo, mezquital, humedales, algas litorales litofíticas y perifiton.	Peces: *Ataeniobius toweri, Dionda dichroma, Poecilia latipunctata, P. mexicana, Herichthys bartoni, H.. labridens, Cualac tessellatus, Dionda mandibularis, Ictalurus mexicanus*.	Lago de La Media Luna (aguas subterráneas importantes que alimentan a los lagos por medios freáticos y manantiales sin contaminación).	Río Verde, arroyos, canales para riego	Se requiere de un control de la destrucción física del hábitat por uso turístico, así como del monitoreo de los aportes de agroquímicos y fertilizantes de los alrededores. Faltan monitoreos de la calidad del agua e inventarios faunísticos (invertebrados) y florísticos (plantas y algas).

75 Confluencia de las Huastecas	Solo una parte se localiza en San Luis Potosí. Santa María del Río, Tamuín, Villa de Reyes, San Vicente Tancuayalab, Tierra Nueva, San Martín Chalchicuautla, Santa Catarina, Aquismón, Xilitla, Tanlajás, Tamazunchale, Zaragoza, Tampamolón Corona, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Rioverde, Villa de Arriaga, Ciudad Valles, Axtla de Terrazas, Tampacán, Tanquián de Escobedo, Tancanhuitz, San Luis Potosí, Matlapa, San Antonio, Coxcatlán, Huehuetlán, Ébano y Ciudad Fernández.	Bosques de encino, pino-encino, pino y mesófilo de montaña, bosque tropical, bosque subperennifolio, pastizal cultivado, inducido y natural, comunidades de algas (litorales epilíticos) y vegetación riparia.	Gato montés (*Lynx rufus*), nutria (*Lontra longicaudis annectens*), jaguar (*Panthera onca*), víbora de cascabel (*Crotalus molossus*); murciélagos: (*Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae yerbabuenae*); peces: (*Astyanax jordani, Awaous tajasica, Herichthys steindachneri* y *Xenoophorus captivus*).	Presa Zimapán, lagos Meztitlán y Molango.	Ríos Santa María, Bagres, Jalpan, de las Albercas, Naranjo, Mesillas, Tamuín o Pánuco, Grande de Meztitlán, San Pedro, Gallinas, Tampaón, Choy, Moctezuma, Ojo Frío, Tempoal o Calabazo, Tulancingo, Hondo, Amajac, del Hule, Axtla y Matlapa, arroyos, manantiales, cascadas, aguas hidrotermales.	Se requiere controlar al ecoturismo y a la embotelladora Pepsi. Se recomienda la conservación de las zonas que todavía no han sido alteradas. Falta conocimiento limnológico y concretar las prioridades y necesidades de la zona. Comprende la Reserva de la Biosfera Sierra de Abra Tanchipa y el Parque Nacional Sierra de los Mármoles.

La RHP no. 57. Cabecera del Río de la Laja toca de manera tangencial al estado de SLP por lo que no se consideró a diferencia de la publicación de Conabio.

Áreas de importancia para la conservación de aves

Número y nombre	*Municipio*	*Tipos de vegetación*	*Fauna*
45. Sierra del Abra-Tanchipa	Ciudad Valles y Tamuín	Bosque espinoso o bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, encinar, acahual	Presencia en el área de las siguientes especies de aves amenazadas: guacamaya verde (*Ara militaris*), loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*) y loro cachete amarillo (*Amazona autumnalis*). Asimismo, todavía se cuenta con la presencia de puma (*Puma concolor*), jaguar (Panthera onca), ocelote (*Leopardus pardalis*).
80. El Manantial	Vanegas y Cedral	Matorral xerófilo, pastizal gipsófilo	Es la colonia más sureña del perro de la pradera (*Cynomys mexicanus*) y probablemente la última viable del estado. Esta colonia posee atributos interesantes de los que dependen otras especies incluyendo aves, como el chorlo llanero (*Charadrius montanus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*).
81. Sierra Catorce	Catorce, Villa de Guadalupe, Villa de la Paz, Cedral, Charcas, Matehuala y Vanegas.	Bosque de pino, bosque de junípero, bosque de encino, encinar arbustivo, pastizal, matorral desértico crasicaule, y matorral desértico rosetófilo.	Se ha registrado la existencia del gorrión (*Spizella wortheni*), una especie endémica, y del chorlo llanero (*Charadrius montanus*). La primera está incluida en la categoría en peligro de extinción y la segunda como amenazada conforme a la NOM-059.
88. Humedales del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz	Esta AICA se comparte con los estados de Veracruz, Tamaulipas y en la menor proporción en San Luis Potosí en los municipios del Ébano y Tamuín.	Bosque espinoso, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, encinar, acahual.	Presencia en el área de las siguientes especies de aves amenazadas: guacamaya verde (*Ara militaris*), loro tamaulipeco (*Amazona viridigenalis*) y loro cachete amarillo (*Amazona autumnalis*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*).
232. Pradera de Tokio	Municipio de Vanegas. Esta AICA se comparte con los estados de Nuevo León y Zacatecas.	Matorral desértico rosetófilo y matorral micrófilo.	El área tiene importancia como corredor biológico, aunque actualmente no se encuentra bajo un esquema de protección o como ANP. Los vertebrados de mayor relevancia son: perro de la pradera (*Cynomys mexicanus*), zorrita del desierto (*Vulpes macrotis*), tejón norteamericano o tlalcoyote (*Taxidea taxus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), tecolote llanero (*Athene cunicularia*) y algunas cactáceas como el chautle (*Ariocarpus retusus*). Se presentan especies endémicas de pastizales y comunidades gipsófilas.
245. San Nicolás de los Montes	Ciudad del Maíz, Tamasopo y Alaquines.	Bosque tropical subcaducifolio, encinares, ecotonos.	Posee cinco especies endémicas y 15 especies bajo alguna categoría de riesgo.

Nota aclaratoria: La clasificación, taxonomía y nomenclatura de las especies de fauna están actualizadas hasta junio de 2023, fecha en la cual los autores entregaron la última revisión. Los posibles cambios ocurridos en los nombres científicos de entonces a la fecha actual no son por tanto responsabilidad de los autores de este capítulo.

Anexo 3
decretos de las áreas naturales protegidas federales

1. *El Gogorrón*. Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de parque nacional. Decreto publicado en el *Periódico Oficial de la Federación* el 22 de septiembre de 1936. El plan de manejo se puede consultar en <https://simec.conanp.gob.mx/pdf_pcym/156_DOF.pdf>; <https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5447071&fecha=08/08/2016>
2. *El Potosí.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de parque nacional. Decreto publicado en el *Periódico Oficial de la Federación* el 15 de septiembre de 1936. El plan de manejo se puede consultar en <https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/154_libro_pm.pdf>
3. *Sierra del Abra Tanchipa.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de reserva de la biosfera. Decreto publicado en el *Periódico Oficial de la Federación* el 6 de junio de 1994. El plan de manejo se puede consultar en <https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/147_libro_pm.pdf>.
4. *Sierra de Álvarez.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de Área de protección de flora y fauna. Decreto publicado en el *Periódico Oficial de la Federación* el 7 de abril de 1981. Reformado el 7 de junio de 2000. No cuenta con plan de manejo.
5. *La Mojonera.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de área de protección de flora y fauna. Decreto publicado en el *Periódico Oficial de la Federación* el 13 de agosto de 1981. Reformado el 7 de junio de 2000. El plan de manejo se puede consultar en <https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/148_libro_pm.pdf>.
6. *Sierra de San Miguelito.* En un inicio se declara como área natural protegida de competencia estatal, con carácter de reserva estatal, localizada en los municipios de Villa de Arriaga, Villa de Reyes y Mexquitic de Carmona, en el estado de San Luis Potosí. 20 de septiembre de 2018. "Decreto administrativo por el que se emite la aprobación del plan de manejo del área natural protegida bajo la modalidad de reserva estatal, denominado Sierra de San Miguelito, ubicada en los municipios de Villa de Arriaga, Villa de Reyes y Mexquitic de Carmona, y se dan a cono-

cer al público general el resumen del mismo y el plano de localización de dicha área natural protegida", publicado el 30 de abril del 2020. El plan de manejo puede consultarse en <https://slp.gob.mx/segam/documentos%20compartidos/siacc/%c3%81reas%20naturales%20protegidas/areas%20naturales%20estatales/ANP%20san%20miguelito/slp%20decreto%20plan%20de%20manejo%20sierra%20de%20san%20miguelito%20%2830-abr-2020%29.pdf>.

El 13 de diciembre de 2021 se declara como área protegida de flora y fauna Sierra de San Miguelito. El ANP estatal San Juan de Guadalupe fue declarada como área natural protegida, bajo la modalidad de parque urbano denominado Ejido San Juan de Guadalupe. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el miércoles 5 de junio de 1996; y "Decreto que modifica la superficie", publicado el 26 de marzo de 2009. En 2018 dejó de ser área protegida estatal para convertirse en desarrollo habitacional. La Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental (Segam) perdió el área natural protegida de San Juan de Guadalupe, luego de que el Primer Tribunal Colegiado en Materias Civil y Administrativa del Noveno Circuito, dentro del expediente 289/2018, emitió el resolutivo en el que concede el amparo promovido por un particular para que se retire la protección a esta zona de la Sierra San Miguelito. <https://www.elsoldesanluis.com.mx/local/pierde-proteccion-san-juan-de-guadalupe-habra-desarrollo-habilitacional-en-la-zona-2799146.html>.

En el decreto de ANP Sierra de San Miguelito, quedó incluida la superficie de este ejido.

Anexo 4
Decretos de áreas naturales protegidas estatales

1. *Real de Guadalcázar.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de reserva estatal con características de reserva de la biosfera. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el sábado 27 de septiembre de 1997. "Decreto por el que se modifica el plan de manejo del área natural protegida establecida bajo la modalidad de reserva estatal, denominada Real de Guadalcázar", publicado el 8 de junio de 2020). El plan de manejo puede consultarse en <https://slp.gob.mx/segam/documentos%20compartidos/siacc/%c3%81reas%20naturales%20protegidas/areas%20naturales%20estatales/anp%20real%20de%20guadalcazar/plan%20de%20manejo%20real%20de%20guadalca%cc%81zar%20%2808-jun-2020%29.pdf>.
2. *Palma Larga.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de parque estatal, propiedad del ejido Puente del Carmen, municipio de Rioverde. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el viernes 5 de junio de 1998. "Plan de manejo de área natural protegida bajo la modalidad de parque estatal denominado Palma Larga, ubicado en el ejido Puente del Carmen, municipio de Rioverde, S.L.P.", publicado el 31 de octubre de 2019.
3. *Wiricuta.* Se declaran área natural protegida bajo la modalidad de reserva estatal del paisaje cultural los lugares sagrados y la ruta histórico cultural de pueblo huichol, con una longitud de ruta de 138.78 km. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el viernes 27 de octubre de 2000. Cuenta con el plan de manejo denominado "Sitio sagrado natural Wirikuta" (enero de 2008), que se puede consultar en <https://slp.gob.mx/segam/documentos%20compartidos/siacc/%c3%81reas%20naturales%20protegidas/areas%20naturales%20estatales/anp%20sitio%20sagrado%20natural%20de%20wirikuta/plan%20de%20manejo%20del%20sitio%20sagrado%20natural%20wirikuta%20%28enero%202008%29.pdf>.
4. *Adolfo Roque Bautista.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de parque estatal. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el jueves 15 de marzo de 2001. "Plan de manejo

de área natural protegida bajo la modalidad de parque estatal denominado Bosque Adolfo Roque Bautista, ubicado en el ejido Porvenir, municipio de Tamuín, S.L.P.", publicado el 31 de octubre de 2019.

5. *Cuevas del Viento y la Fertilidad.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de monumento natural, ubicadas en el rancho de San Jacinto, ejido de Chununtzen. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el jueves 15 de marzo de 2001.
6. *La Hoya de las Huahuas.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de monumento natural, ubicado en el ejido de Tampaxal, del municipio de Aquismón. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el jueves 15 de marzo de 2001.
7. *Sótano de la Golondrinas.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de monumento natural, parte del barrio de Unión de Guadalupe. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el jueves 15 de marzo de 2001.
8. *Manantial de la Media Luna.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de parque estatal, perteneciente al ejido El Jabalí, del municipio de Rioverde. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el sábado 7 de junio de 2003. Decreto que modifica la superficie, publicado el 12 de junio de 2004 (véase cuadro 19). "Decreto administrativo por el que se aprueba el plan de manejo del área natural protegida bajo la modalidad de parque estatal denominado Manantial de la Media Luna", 16 de octubre de 2020. El plan de manejo puede consultarse en <https://slp.gob.mx/segam/documentos%20compartidos/siacc/%c3%81reas%20naturales%20protegidas/areas%20naturales%20estatales/ANP%20media%20luna/slp%20decreto%20administrativo%20sobre%20el%20manejo%20de%20la%20media%20luna%20%2816-oct-2020%29.pdf>.
9. *Sierra del Este y de Enmedio.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de reserva estatal, ubicada en el rancho El Estribo, municipio de El Naranjo. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el martes 16 de mayo de 2006.
10. *Tancojol.* Se declara área natural protegida, bajo la modalidad de reserva estatal. Decreto publicado en el *Periódico Oficial del Gobierno de San Luis Potosí* el martes 4 de marzo de 2008. Plan de manejo del área natural protegida bajo la modalidad de reserva estatal denominada Tanco-

jol, ubicada en el municipio de San Vicente Tancuyalab, S.L.P, publicado el 31 de octubre de 2019. El plan puede consultarse en <https://slp.gob.mx/segam/documentos%20compartidos/siacc/%c3%81reas%20naturales%20protegidas/areas%20naturales%20estatales/ANP%20tancojol/plan%20de%20manejo%20reserva%20natural%20protegida%20tanjocol%20%2831-oct-2019%29.pdf>.

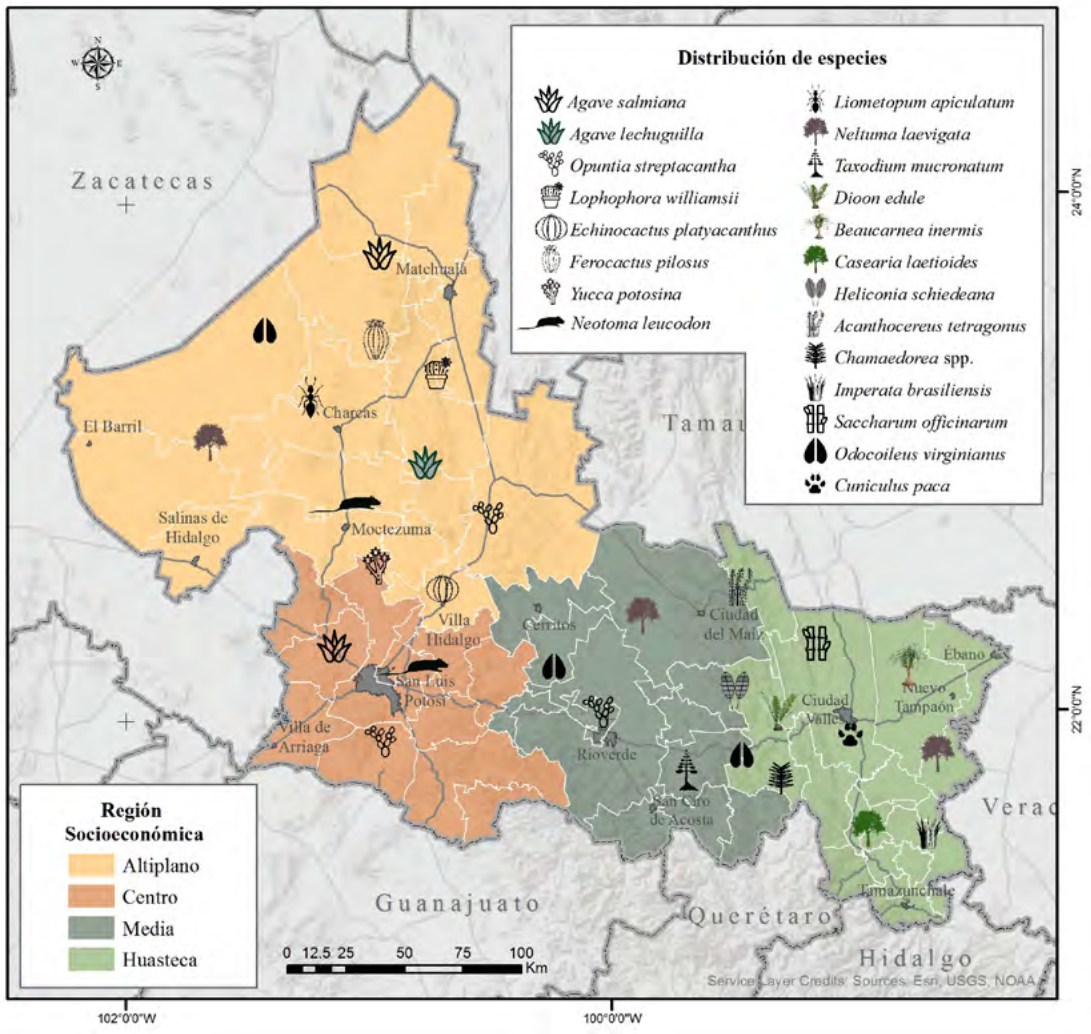
11. *La Loma.* Decreto mediante el cual se declara como área natural protegida de competencia estatal una porción del ejido La Loma, localizada en el municipio de Rioverde, 19 de septiembre de 2019.
12. *Joya Honda.* Declaratoria como área natural protegida de competencia estatal, con el carácter de monumento natural, el cráter conocido como Joya Honda, localizado en el ejido La Tinaja, del municipio de Soledad de Graciano Sánchez, en el estado de San Luis Potosí, 24 de abril de 2021.

CAPÍTULO 10
LAS ESPECIES DE USO TRADICIONAL

Laura Yáñez Espinosa

La riqueza biológica de San Luis Potosí coloca al estado entre los primeros lugares el país, con más de 400 especies de hongos, 39 especies de gimnospermas, casi 4 000 especies de angiospermas, más de 1 400 especies de insectos, 138 especies de reptiles, 538 especies de aves y 162 especies de mamíferos (Flores-Rivas y Martínez de la Vega, 2019). Todas las especies contribuyen al equilibrio del ecosistema, pero algunas sobresalen porque nos proveen de los bienes necesarios, como alimento, materias primas, combustibles, algunos medicamentos, y también son fuente de inspiración, producción y recreación para distintos grupos humanos (Rivera, 2015). En este capítulo se abordarán veintiún especies silvestres y cultivadas de importancia que se distribuyen en San Luis Potosí (figura 10.1), aun cuando son muchas más.

Figura 10.1. Distribución de especies silvestres y cultivadas de uso tradicional en San Luis Potosí.



Elaboración de Laura Yáñez Espinosa y Gabriel Rubio Méndez. Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Maguey cimarrón o mezcalero potosino

Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck ssp. *crassispina* (Trel Gentry)
Las plantas son vigorosas, con una roseta de hojas suculentas que alcanzan hasta 1.8 m y pueden llegar a pesar hasta 250 kg. Su tallo es corto y grueso, y junto con las bases de las hojas, se le llama piña, y sus raíces son abundantes y fibrosas (figura 10.2). Su ciclo biológico es de 8-20 años, y la floración se presenta al final del ciclo de vida, en una sola ocasión, propagándose mediante vástagos y semillas (Martínez Salvador *et al.* 2013). Crecen en pie de monte, donde crece el matorral desértico micrófilo y crasicaule. En el Altiplano Potosino, el maguey mezcalero se ha utilizado a lo largo de la historia para la producción de mezcal, el establecimiento de barreras rompevientos en las zonas agrícolas, como forraje para el ganado en periodos de sequía drástica y para la recolección de insectos comestibles (escamoles; figura 10.10) (Lara-Ávila y Alpuche-Solís, 2016). El pulque y el mezcal eran consumidos por los indígenas durante la Colonia, ya que el mezcal se desarrolló a partir de la llegada de

Figura 10.2. Maguey mezcalero cerca de un hormiguero, cubierto con pencas de nopal para protegerlo de enemigos que depredan los escamoles.

Foto: Julio César Zavala Sánchez.

los españoles, cuando introdujeron el proceso de destilación (Tello y García, 1988). El mezcal tiene oficialmente una denominación de origen, y hay una norma oficial mexicana que regula las especificaciones físicas y químicas para el mezcal (Martínez *et al*., 2013). De acuerdo con las rutas del mezcal potosino del Altiplano, hay cinco fábricas de mezcal en San Luis Potosí: Fábrica de Mezcal Laguna Seca, Fábrica de Mezcal Santa Isabel, Z de Solís, Hacienda y Fábrica Santa Teresa y Fábrica de Mezcal Ipiña, que se encuentran donde la densidad de plantas es mayor (Tello y García, 1988).

Ixtle

Agave lecheguilla Torr.
Es una planta arbustiva con 11 a 50 hojas dispuestas en roseta, de 20 a 70 cm de altura y cuyas raíces son largas y fibrosas (figura 10.3). El escapo floral (tallo sin hojas y con flores) consta de un tallo grueso de 3 a 6 m de altura (Infante, 2011). Es dominante del matorral desértico rosetófilo y micrófilo. La fibra, comúnmente llamada ixtle, se obtiene de la parte aprovechable de la planta (cogollo), formado por las hojas más tiernas agrupadas en el centro de la planta (Sheldon, 1980). Los primeros pobladores de las regiones áridas usaron el ixtle para fabricar cordeles y tejidos. Su aprovechamiento comercial se inició a

Figura 10.3. Lechuguilla en una ladera sobre sustrato calizo.

Foto: Joel Flores Rivas.

fines del siglo xix, manejado por los hacendados, y la producción se destinaba principalmente a exportación (Blando *et al.*, 2013). La fibra tiene propiedades físico-mecánicas significativas, por lo que se le utiliza en la industria automotriz, la cordelería, bajo alfombras, bolsas artesanales, morrales, estropajos, cepillos, brochas y otros (Martínez Burciaga *et al.*, 2011). San Luis Potosí es uno de los estados con mayor producción, y las condiciones ambientales, el cultivo y la extracción son determinantes para su producción. Las plantaciones comerciales se establecen con la propagación por hijuelos en áreas que se utilizaron para el cultivo (Castillo-Quiroz *et al.*, 2012). Para la extracción de la fibra, se realiza el tallado mecanizado y manual tradicional, que es el más común y al que se dedican una gran proporción de trabajadores del campo para complementar sus ingresos (Infante, 2011).

Nopal cardón

Opuntia streptacantha Lem.
Es un cacto grande, de hasta 4 m de alto, con un tronco robusto y muy ramificado, con tallos grandes, aplanados y espinosos (figura 10.4). Los frutos son depredados principalmente por ratas de campo (*Neotoma*), animales domésticos, aves y hormigas. Junto con *Opuntia leucotricha*, conocido como nopal duraznillo, domina en el matorral crasicaule o nopalera (Reyes-Agüero *et al.*, 2005). Ha estado en contacto con grupos humanos desde la época prehispánica, constituyendo un recurso natural muy importante. Las acciones de manejo en poblaciones silvestres consisten en evitar daños causados por animales silvestres y domésticos, trasladar ejemplares silvestres a solares, usarlos como cercos vivos en las parcelas y realizar podas para promover renuevos (Reyes Agüero *et al.*, 2005). Existen varias formas de preparar lo que se conoce como nopalitos, que es un alimento accesible y nutritivo para los pobladores del semidesierto (Nava, 2019). La tuna cardona es de regular tamaño y de fácil descomposición. Se utiliza para preparar jugo fresco, colonche (bebida alcohólica preparada a partir de la fermentación de la pulpa de la tuna roja), jalea, mermelada, dulce de melcocha, queso de tuna, tuna cristalizada, pasa de tuna, vino tinto y aguardiente. El mayor valor nutrimental de estos productos lo tienen la melcocha y el queso de tuna (Nava, 2019).

Figura 10.4. El nopal cardón con sus características tunas cardonas, frutos rojos comestibles muy agradables.

Foto: Joel Flores Rivas.

Peyote

Lophophora williamsii (Lem. ex Salm-Dyck) J.M. Coult.
El peyote es un pequeño cacto esférico de color verde-grisáceo, sin espinas (figura 10.5). Presenta un patrón de distribución agregado; crece sobre suelos calizos en matorrales xerófilos dominados por gobernadora (*Larrea tridentata*), donde ocupa espacios sombreados producidos por otra planta. La actividad humana de prácticas culturales y extracción ilícita ha reducido considerablemente el número de individuos por la constante colecta de las cabezuelas (Anderson, 1969). Desde la época prehispánica, el territorio Wirikuta es considerado sagrado para los huicholes y los rarámuris. Ambos grupos realizan todos los años una peregrinación por el desierto durante el mes de mayo, y la tradición indica que, una vez que se llega a las faldas de la montaña, comen el peyote, conocido por sus alcaloides psicoactivos (Vázquez, 2021).

Figura 10.5. Colonia de peyote en un terreno con caliza, la planta más grande con un botón floral.

Foto: Joel Flores Rivas.

Biznaga burra

Echinocactus platyacanthus Link & Otto
Este cacto tiene un tallo de forma globosa a barril, de hasta 2 m de alto, hundido en la punta y con abundante lana amarillenta (figura 10.6). Tiene hasta sesenta costillas verticales, gruesas; y espinas aplanadas, estriadas transversalmente. Las flores son amarillas, en la punta lanosa del tallo; y los frutos, secos, alargados, amarillentos (Reyes, 1998). Se distribuye discontinuamente en el matorral desértico rosetófilo y micrófilo, y también en el submontano, y aún se conservan poblaciones en buen estado (Salas *et al.*, 1999; Castañeda-Romero *et al.*, 2016). Son plantas de crecimiento lento, y sus poblaciones no pueden regenerarse de forma rápida, sobre todo cuando se extraen los individuos adultos. Se usan como ornamentos en jardines. Desde tiempos prehispánicos se usaba como fuente de alimento e instrumento ritual. Los tallos se utilizan para la fabricación del acitrón, un dulce tradicional cristalizado que también se utiliza para preparar picadillo, rosca de reyes, tamales y chiles en nogada (Sader, 2016). Sus flores y semillas son consumidas por los pobladores, se usan como forraje vivo y la lana del tallo se usaba como relleno de cojines (Salas

Figura 10.6. La biznaga burra es utilizada para la fabricación del acitrón. Se pueden apreciar sus flores amarillas dentro de la lana del ápice.

Foto: Laura Yáñez Espinosa.

et al., 1999). Antiguamente se desfibraba el ixtle (*Agave lechuguilla*) golpeando y tirando de la penca sobre sus espinas (Mayorga-Hernández *et al.*, 2004).

Biznaga roja

Ferocactus pilosus (Galeotti) Werderm.

Es un cacto con tallo columnar de hasta 3 m de alto y 50 cm de diámetro, de adultas, con hasta 20 costillas, espinas rojas brillantes, amarillas (o ambas) y ligeramente curvadas (figura 10.7). Las flores son numerosas, dispuestas en corona en la punta del tallo, amarillas o rojas, de 4 cm de largo. El fruto es ovoide, con paredes carnosas y suculentas, y semillas pequeñas y oscuras. Suele crecer agrupada tanto en laderas como en planicies con matorral desértico micrófilo y rosetófilo (Arredondo y Sotomayor, 2009; Martínez Rosales, 2011). Se usa como planta de ornato en grandes jardines e incluso en camellones y como forraje en la época de sequía. Los botones florales jóvenes, que

Figura 10.7. La biznaga roja tiene flores y frutos comestibles. Estos individuos se ubican en el Huerto Familiar de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la uaslp.

Foto: Laura Yáñez Espinosa.

se conocen como cabuches, se recolectan en poblaciones naturales para consumirse durante la época de Cuaresma, por los pobladores de la región (Arredondo *et al.*, 2007). Desde la época prehispánica se consumían, y actualmente se usan en guisados o en escabeche, hervidos, empanizados, capeados, en ensalada y fritos con huevo; incluso son envasados y comercializados (Martínez Rosales, 2011). Con los frutos se elaboran aguas frescas y nieves (Arredondo *et al.*, 2007). Sus poblaciones están disminuyendo debido al cambio de uso de suelo, la extracción y la limitación de su propagación por la recolección de botones florales y frutos.

Palma barreta

Yucca potosina Rzed.
Es una planta arborescente de hasta 7 m de altura, a veces con ramificaciones; y las hojas, agrupadas en el extremo superior, planas y rígidas, de hasta 1 m de longitud, con una espina de hasta 3 cm de longitud, de color gris (figura 10.8). La inflorescencia es glabra (sin pelos ni vellosidades), más larga que las hojas, péndula o colgante, y muy densa, con flores blancas y un fruto carnoso (Rzedowski, 1955). Crece sobre laderas con suelo escaso, donde a veces es el componente principal del matorral desértico rosetófilo (Flores *et al*., 2008). Sus flores, frutos y semillas constituyen alimento para una importante variedad de animales de las zonas áridas y semiáridas del Altiplano, como avispas, escarabajos, chinches, colibríes (*Trochilinae*), calandrias (*Icterius wagleri*), cuitlacoches (*Toxostoma longirostre*), ardillas (*Sciurus oculatus*), ratones de campo (*Reithrodontomys* sp., *Heteromys* sp.), cacomixtles (*Bassariscus astutus*) y otros (Barragán *et al*., 2021). Se cultiva como planta ornamental, y sus flores son comestibles, hervidas en agua con sal y fritas (Rzedowski 1955; Acosta, 2015).

Figura 10.8. La palma barreta
crece en el matorral submontano y suelos pobres.

Foto: © Pedro Nájera Quezada (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/86169346>.

Rata magueyera

Neotoma leucodon Merriam, 1894
Es un roedor agresivo y de hábitos solitarios, que se reproduce todo el año. Su cola es corta en comparación con el cuerpo, con coloración gris o café en su parte dorsal y blancuzca en su parte ventral, y sus orejas son largas y escasas de pelo, con ojos prominentes (figura 10.9). Sus madrigueras se localizan en las bases de nopales, magueyes, yucas y vegetación cerrada submontana, ya que estas plantas proporcionan una excelente protección contra los depredadores, así como comida y agua, incrementan la materia orgánica y nitrógeno en el suelo de las áreas contiguas y proporcionan refugio a otras especies, como tarántulas y otros insectos (Torres, 1998). Es un animal oportunista y herbívoro, principalmente, que se alimenta de semillas, frutos, tallos, flores, y ocasionalmente de insectos (escarabajos y hormigas) y reptiles (Whitaker, 1980). En el Altiplano Potosino-Zacatecano, la utilización de la rata magueyera como alimento es común, pues aporta proteínas para los habitantes locales y es fuente de ingreso para los comerciantes de la región (Mellink *et al.*, 1986). Se prepara cocida en agua y guisada en mole, fritas o asadas (Acosta, 2015).

Figura 10.9. La rata magueyera se considera un manjar en el sur del desierto chihuahuense.

Foto: Lorena Rodríguez y Felipe Barragán Torres.

Escamoles

Liometopum apiculatum Mayr, 1870

Los escamoles son las pupas de la hormiga *L. apiculatum* (figura 10.10), que se han utilizado como alimento desde la época prehispánica y se consideran un manjar por su sabor y su alto valor proteico, calórico y fuente de vitaminas y minerales. Se desarrollan en la temporada seca del año, por lo que se extraen desde febrero hasta antes de la temporada de lluvias (Zavala, 2021). Iniciando la temporada, se localizan los hormigueros nuevos y los abiertos en años anteriores, conocidos como tapones. El hormiguero se abre removiendo el suelo, evitando destruirlo y en especial en donde se encuentra la trabécula (cámara de cría), que se extrae y se sacude para apartar los escamoles. La trabécula es frágil porque está construida con saliva, suelo y fibras vegetales, por lo que se destruye durante la extracción. Para que las hormigas reconstruyan la trabécula, antes de cerrar el hormiguero, se introducen en la cámara pencas de nopal o de maguey secas y hierba fresca o ramas verdes de arbustos. Finalmente, el nido se tapa con una piedra o un maguey seco, y se cubre con suelo (Zavala, 2021). Las hormigas cazan anélidos, crustáceos, insectos, moluscos, y consumen carroña y vertebrados; dispersan semillas, polinizan plantas, re-

Figura 10.10. Los escamoles se extraen del suelo, donde las hormigas hacen sus nidos.

Foto: Julio César Zavala Sánchez.

colectan néctar y crían hemípteros chupadores de savia; favorecen la aireación del suelo, y son presa de víboras, escarabajos y grillos (Lara-Juárez *et al.*, 2015; Hernández *et al.*, 2017).

Mezquite

Neltuma laevigata (Humb. Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose (nombre anterior *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.)
El mezquite es un árbol de hasta 13 m de altura y 80 cm de diámetro. Sus hojas se caen en invierno. Su periodo de floración se inicia en febrero y termina en abril o mayo, y fructifica en verano (figura 10.11). Sus poblaciones son tan dominantes que forman mezquitales en sitios con nivel freático (acuífero) permanente (Flores *et al.*, 2019). Fue un recurso fundamental para los primeros pobladores nómadas de las regiones áridas, que lo utilizaron como alimento, combustible, sombra; para elaborar utensilios y como medicinal (Ríos *et al.*, 2013). Sus flores se usan para la producción de miel de alta calidad (Balderas, 2018); sus vainas presentan un buen contenido de proteína, azúcares y fibra dietética, por lo que tiene gran valor como forraje de animales domésticos

Figura 10.11. El mezquite en floración es fuente de néctar para abejas y otros insectos.

Foto: Laura Yáñez Espinosa.

(García-López *et al.*, 2019) y se come tanto al natural como molida tras ser secada. La goma que se extrae se puede utilizar como aditivo alimentario (Torres, 2009). La utilización de su madera es una actividad importante en numerosas comunidades rurales, donde se emplea para fabricar muebles, duela, mangos para herramientas y postes, así como para leña y carbón de excelente calidad por su alto poder calorífico (Pronare, 1999; Flores *et al.*, 2008). Sus raíces profundas conservan el suelo y permiten la infiltración del agua al subsuelo; participa en la fijación de nitrógeno y previene la erosión por su gran capacidad de retención del suelo, y además es fuente de alimento y refugio para la fauna nativa (Rodríguez-Sauceda *et al.*, 2014). Existen pocas evidencias prácticas del cultivo del mezquite en México (Conaza, 1994).

Sabino

Taxodium mucronatum Ten.

Es un árbol de18 a 25 m, que alcanza hasta 40 m, con corteza de color café rojizo. Las raíces frecuentemente se desarrollan en el agua, asomando en la superficie (raíces rodilla) para tomar oxígeno y suministrarlo al resto de las raíces que se encuentran en el suelo (Carranza, 1992). Es caducifolio, con frutos en forma de conos subglobosos todo el año (figura 10.12). Es característico de las riberas de los cuerpos de agua, por lo que es representativo del paisaje en atracciones turísticas como el ANP Parque Estatal Manantial de la Medialuna, municipio de Rioverde, o las Cascadas de Tamasopo. En el manantial Los Peroles, municipio de Rioverde, se localizan 36 árboles milenarios de esta especie, de hasta 1 168 años (Villanueva *et al.*, 2003). En plantaciones urbanas requiere riegos en abundancia (Martínez y Chacalo, 1994). La madera es suave y ligera, y resistente a la humedad, por lo que se utiliza en la fabricación de canoas, postes y vigas (Carranza, 1992). Se usa como diurético, astringente y para combatir la gota (Hernández, 1943).

Figura 10.12. Los sabinos son árboles longevos, frondosos y corpulentos que crecen en las orillas de los ríos y arroyos.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Chamal

Dioon edule Lindl.

Estas cícadas son plantas arborescentes, con un tallo de hasta 4 m alto y 30-50 cm de diámetro, y una corona de 50-150 hojas de color verde pálido o brillante, o azul-verdes (figura 10.13). Son dioicas, es decir, hay individuos machos e individuos hembras. Son relevantes desde el punto de vista ecológico, ya que su distribución es dispersa y restringida e interactúa con microorganismos simbióticos (cianobacterias y micorrizas), insectos polinizadores y

fauna depredadora. Entre la fauna silvestre que se alimenta de sus semillas, se encuentran la tuza real (figura 10.22), el tejón (*Nassua narica*), el ratón de campo (*Peromyscus leucopus*) y la chara verde (*Cyanocorax yncas*), así como fauna doméstica, como cerdos y pollos (Balderas, 2021). Cuando el ganado consume sus brotes tiernos, sufre de parálisis en las patas traseras debido a las toxinas que contiene toda la planta, y puede llegar a causar la muerte. Su relevancia cultural está definida por el grupo étnico xi'ui de San Luis Potosí, que recolecta las semillas para su alimentación, con que prepara tortillas, gorditas y atole, eliminando las toxinas en el proceso de cocción. Sus hojas se usan en diferentes ceremonias religiosas y forman parte de los altares de muertos durante la fiesta de fieles difuntos conocida como Xantolo en la Huasteca (Rubio-Méndez *et al.*, 2021).

Figura 10.13. Chamal creciendo en el bosque tropical caducifolio en suelo poco profundo (10 a 50 cm) sobre calizas.

Foto: David Balderas González.

Soyate

Beaucarnea inermis (S. Watson) Rose
Es una planta arborescente perennifolia que alcanza 18 m de altura, con una base globosa en ocasiones con contrafuertes y angosta en la parte superior, y en la parte terminal se encuentran las hojas arregladas en rosetas, de hasta 1.4 m de longitud, con flores blancas y frutos alados (Hernández-Sandoval *et al.*, 2012; figura 10.14). Se distribuye en el bosque tropical, donde es dominante y sus poblaciones han sido amenazadas por la extracción ilegal de semillas e individuos de todas las tallas para su propagación en viveros, debido a su gran demanda como planta ornamental en México y el extranjero, y por la pérdida y fragmentación del hábitat, principalmente por los cambios en el uso del suelo y la ganadería. En el pasado, su extracción llegó a representar una fuente importante de ingresos económicos complementarios para los pobladores (Rubio-Méndez *et al.*, 2018).

Figura 10.14. El soyate es una especie que se distribuye en la Huasteca, amenazada por las actividades agropecuarias y el saqueo de plantas para su comercio.

Foto: María Magdalena Salinas-Rodríguez.

Volantín

Casearia laetioides (A. Rich.) Northr.
Es un árbol caducifolio con copa piramidal, de hasta 30 m de alto y diámetro de unos 50 cm; su tronco suele ser recto y cilíndrico, sin raíces salientes en la base del tronco (figura 10.15). Es un árbol de dosel común de la selva mediana, y prefiere los suelos húmedos. La madera se explota a pequeña escala como material de construcción por ser durable y resistente; también se utiliza como leña y para fabricar chapa para centro de madera terciada (Pineda, 2013). Tiene valor cultural, ya que es conocido como el palo volantín y se utiliza como poste en el ritual ceremonial de la danza de voladores. La danza de voladores es una tradición que ha prevalecido por más de dos mil años, practicada en tiempos actuales por el pueblo *teenek* de la Huasteca Potosina, en la comunidad de Tamaletom, en el municipio de Tancanhuitz, donde se encuentra actualmente el Centro Ceremonial de los Voladores. En el ritual *teenek*, los voladores despliegan sus atributos de aves que vuelan hacia *Kiichoa*, el Gran Señor del Sol, ofrendando también a Miim T'sa Baal, la Madre Tierra (Guerrero, 2017).

Figura 10.15. El volantín se usa como poste en la danza de voladores por su altura y dureza.

Foto: © mdelapuente (cc-by-nc), en naturalista, < https://www.naturalista.mx/observations/27710890>.

Papatla

Heliconia schiedeana Klotzsch
Planta herbácea de 1 a 3 m de alto, con hoja de hasta 1.5 m de largo y 0.5 m de ancho, más larga que ancha y aguda en la punta. Tiene una inflorescencia erecta de hasta 40 cm de largo, con 5 a 18 flores de 3 a 5 cm de largo, amarillas o amarillo-verdosas, persistentes (figura 10.16). El fruto tiene forma de olla y es carnoso. Crece en el estrato herbáceo del bosque mesófilo de montaña y en el bosque tropical perennifolio (Fortanelli-Martínez *et al.*, 2014; Medina y Orozco, 2019). Se usa como ornamento, ya que su flor es muy colorida, y además se usa para hacer adornos de iglesias, casas, para decorar eventos especiales, y las hojas se utilizan para envolver los tamales y el zacahuil durante la fiesta de Fieles Difuntos conocida como Xantolo (Lascurain *et al.*, 2017; Medina y Orozco, 2019). El zacahuil es el tamal de masa de maíz martajada que destaca por su gran tamaño (1.5 m de largo y 50 kg), y se elabora trenzando varias capas de hojas de papatla para hacer una cama sobre las que se colocan hojas de plátano asadas, y posteriormente se vierte la masa de maíz y el relleno (Ortega, 2020). Las hojas se recolectan en poblaciones silvestres y también se desmontan pequeñas áreas en el bosque para sembrarla, ya que las hojas se comercializan (Sandoval, 2010). Aparentemente, la recolección de hojas no afecta las poblaciones naturales, ya que no se daña su capacidad reproductiva, pero el desmonte para la introducción de parcelas de cultivo sí es una amenaza.

Figura 10.16. La papatla se usa como ornamento, y con sus hojas se envuelve el zacahuil.

Foto: © Kevin Meza (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/photos/18540678>.

Jacube

Acanthocereus tetragonus (L.) Hummelinck
Es una planta arbustiva ramificada, de hasta 2 m de alto y 8 cm de diámetro, que forma pequeños matorrales (figura 10.17). Los tallos tienen 3-5 costillas, que cuando se cortan transversalmente tienen forma de estrella o cruceta, con espinas grises y aciculares de hasta 3 cm de largo, rectas, con la base bulbosa. Las flores son grandes, blancas; y los frutos, globosos, de 5-9 cm de largo, verdes y cubiertos de espinas en el exterior, rojos y con semillas negras, abundantes y pequeñas. Crece en el bosque tropical caducifolio y vegetación secundaria de manera silvestre, y en ocasiones se utiliza como ornamento (Arias y Aquino, 2019). En la zona *teenek*, es tradicional consumir los jacubes de muchas maneras. Los tallos tiernos se cortan, se les quitan las espinas y se hacen pequeños atados para ser vendidos en los mercados tradicionales y en la calle. Se consumen después de lavarlos, picarlos y hervirlos, guisados en adobo, con carne, huevo, frijoles o como verdura (Acosta, 2015). Las flores y los frutos también se consumen, y se usan como medicina para controlar la diabetes y la hipertensión arterial (Gabriel, 2010).

Figura 10.17. Los tallos, flores y frutos del jacube se consumen guisados.

Foto: © Ma. Eugenia Mendiola González (cc-by-sa), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/photos/60400599>.

Palmilla

Chamaedorea elegans Mart., *Chamaedorea oblongata* Mart.
Son palmas con tallo central leñoso en la parte inferior. Son dioicas, es decir, hay individuos machos e individuos hembras. Las hojas son pinnado-compuestas en forma de roseta alrededor del tallo (figura 10.18), y la inflorescencia se presenta entre la hoja y el tallo. El fruto es negro, globoso a elíptico, y se reproducen por medio de semillas. Se distribuyen sobre laderas cubiertas por bosque tropical caducifolio, perennifolio y subcaducifolio (Quero, 1994; Mora-Olivo *et al.*, 1997). Se utiliza como ornamento en jardines, y las hojas

Figura 10.18. El follaje de la palmilla cubre el arco durante la fiesta de Fieles Difuntos.

Foto: © Siyaj Chan SC de RL de CV (cc-by-nc), en naturalista, <https://www.naturalista.mx/observations/147770651>.

se recolectan en poblaciones silvestres para usarlas comercialmente como follaje verde, lo que representa una importante fuente de ingresos externos para los habitantes de la región (Jones y Gorchov, 2000). La tradición de Día de Muertos se celebra en la Huasteca Potosina con la fiesta de Fieles Difuntos que realizan los *teenek* y nahuas conocida como Xantolo. La ofrenda a los muertos se llama arco, construido con cuatro varas de madera que se colocan en las esquinas de una mesa y se doblan para formar arcos cubiertos con follaje de palmilla, y sobre éstas se van amarrando ramos de flores de sempoalxochitl o cempasúchil (*Tagetes erecta*) y mano de león (*Celosia argentea*). En éste, se colocan flores, alimentos y bebidas, imágenes, papel picado y veladoras (Domínguez García, 2006). Se utilizan más de veinte especies de plantas en la ofrenda, pero la palmilla es la única propiamente silvestre (Basurto *et al*,, 2018).

Caña de Toom ATAA

Imperata brasiliensis Trin.

Es un pasto perenne rizomatoso, es decir, su tallo está modificado para crecer horizontalmente debajo del suelo, y emite raíces muy fibrosas hacia abajo al tiempo que hace crecer nuevos brotes herbáceos en cada nudo (figura 10.19). Tiene tallos delgados y erectos de hasta 74 cm de altura, y sus hojas en su mayoría son basales, de 5 a 13 mm de ancho. La inflorescencia es una panícula terminal de hasta 20 cm (Wiggins, 1980). Es polinizada por el viento y se regenera a partir de rizomas y semillas. Se distribuye en pastizales y áreas abiertas perturbadas (Hubbard, 1944). Se utilizaba en forma generalizada como material para techos, y es conocido como casa "emplumada con pasto". Sin embargo, es muy inflamable, por lo que no es recomendable, y en los últimos cincuenta años ha sido reemplazado por las hojas de *Sabal mexicana*, conocida como palma otoomal o palmito, que además ofrecen la ventaja de que el material de amarre extra no es necesario para fijar el techo (Benítez y Aguillón, 2011).

Figura 10.19. La caña de Toom ATAA se usaba en las casas "emplumadas con pasto".

Foto: Eduardo Ferraz Pacheco de Castro, en naturalista, <https://www.naturalista.mx/photos/141507510>.

Caña de azúcar

Saccharum officinarum L.

La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea y se introdujo a México con la Conquista, en 1523. Se establecieron grandes plantaciones en diversas áreas, como la Huasteca potosina, en San Luis Potosí (figura 10.20). Durante la Colonia existieron alrededor de sesenta haciendas azucareras en la Huasteca Potosina, las cuales producían azúcar, piloncillo, melaza y aguardiente (Aguilar-Rivera, 2010). El proceso de producción del piloncillo, en su mayoría de manera artesanal, se ha mantenido sin grandes modificaciones desde entonces, y es un producto con gran arraigo en la cultura (Muñoz, 2018). La caña de azúcar es el principal cultivo de México, y su cosecha se lleva a cabo en 665 000 ha que ocupan a 2.5 millones de personas. Actualmente se obtienen melaza, azúcar, panela o piloncillo, aguardiente, y también se utiliza como forraje (Medina y Orozco, 2019). Esta agroindustria es muy importante para la economía, ya que genera empleos directos e indirectos (Conadesuca, 2015). De acuerdo con la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Al-

coholera, en 2021 había cuatro ingenios en San Luis Potosí: Ingenio Alianza Popular, Ingenio Plan de Ayala, Ingenio, Plan de San Luis e Ingenio San Miguel del Naranjo.

Figura 10.20. El cultivo de caña de azúcar tiene una gran importancia económica para la Huasteca Potosina.

Foto: Gerardo Sánchez Vigil.

Venado cola blanca

Odocoileus virginianus Zimmermann, 1780

Es una especie de cérvido mediano, con cuello largo y relativamente grueso, patas largas, hocico alargado y orejas grandes. Su pelaje es blanco en las partes ventrales, la porción inferior de la cola, garganta y una banda alrededor del morro y de los ojos (figura 10.21). Las astas se encentran en la parte superior de la cabeza, con una rama principal que se dobla hacia el frente y alrededor de cinco puntas. Mide hasta 2 m de alto, aunque las hembras son más

pequeñas que los machos (Álvarez-Romero y Medellín, 2005). Se distribuye ampliamente en bosques tropicales y templados, y matorrales. Se alimenta de pastos, hongos, nueces, líquenes, o ramonea el follaje y ramas tiernas de arbustos. Puede llegar a alterar la abundancia y composición de árboles y arbustos, ya que se alimenta principalmente de plantas (Álvarez-Romero y Medellín, 2005). Asimismo, es una presa silvestre alternativa para coyotes, pumas y jaguares. Desde la época prehispánica, su carne se consumía esporádicamente, por su dificultad para ser cazado, y durante la Colonia se consumía en estofados y tasajos (Acosta, 2015). Actualmente se caza y consume con frecuencia por los habitantes, debido a su sabor y la cantidad que se obtiene, preparada en mole, chicharrones o barbacoa. Su sangre cura males cardiacos, el hígado, combate la anemia; y las astas molidas curan males del oído. Su cráneo y astas se usan como adornos o percheros, y la piel para fabricar artesanías y confeccionar calzado y ropa (Avila-Nájera *et al*., 2011).

Figura 10.21. Los refugios de vida silvestre albergan animales como el venado cola blanca.

Foto: Selva Teenek Ecopark. <https://www.facebook.com/selvateenek/photos/2700217100279153>.

Tuza real

Cuniculus paca (Linnaeus, 1766)
Es uno de los roedores más grandes de México, y se distribuye en el bosque tropical perennifolio y subcaducifolio (Dalquest, 1953; Moreno Valdez *et al.*, 1997). Pesa de 8 a 10 kg, posee pelaje corto y áspero que tiene como fondo el color castaño rojizo a castaño o café oscuro, con flancos blancos desde el cuello. Tiene orejas medianas y redondeadas, ojos grandes, cola pequeña, patas delanteras cortas y las patas traseras más largas (Bonilla-Morales *et al.*, 2013; figura 10.22). Presenta características territoriales, es solitario, noctámbulo, y se alimenta principalmente de frutas, aunque también consume raíces, tallos y hojas. Es dispersor de semillas pequeñas y depredador de grandes. Utiliza madrigueras de huecos en la tierra o de árboles caídos (Bonilla-Morales *et al.*, 2013). Es una de las principales presas silvestres del jaguar (*Panthera onca*) junto con el venado cola blanca (figura 10.21). En comunidades rurales e indígenas, es consumido por sus pobladores, generalmente cocido en agua, por lo que se ejerce una fuerte presión sobre sus poblaciones por la cacería; además, se ve afectado por la alteración y eliminación de su hábitat (Santos-Moreno y Pérez-Irineo, 2013).

Figura 10.22. La tuza real es elusiva y de hábitos nocturnos; cumple un papel ecológico como dispersor y depredador de semillas.

Foto: Alejandra Berenice Ibarra Hernández.

Consideraciones finales

San Luis Potosí ocupa el quinto lugar con mayor diversidad biológica en México, por lo que las especies consideradas en este capítulo son una muestra pequeña de la diversidad biológica, cultural, gastronómica y económica de sus regiones. Como se puede apreciar, los recursos naturales entre los pueblos de la Huasteca Potosina se siguen usando activamente, pero también muchas especies se aprovechan en las otras regiones. Sin embargo, la mayoría de las especies se aprovechan para el autoconsumo y en el caso en que los pobladores obtienen un beneficio, ello sólo supone un complemento temporal para su sustento. Es por esto que se deben considerar opciones de manejo de estos recursos, así como su cultivo y reproducción en viveros. Es una tarea que se debe emprender inmediatamente, tanto para asegurar el seguir contando con estas especies, como para mejorar la economía de quienes viven de ellas.

Algunas de las especies están protegidas en México por la NOM-059-SEMARNAT-2010, como el peyote, la biznaga burra, la biznaga roja, el soyate y el chamal, que podrían llegar a estar en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo por factores como la recolección de flores y frutos sin control, extracción ilegal para comercializarlas, cambio de uso del suelo y alteración de su hábitat, por lo que es necesario propiciar su recuperación y conservación. Las especies de animales y plantas están conectadas entre sí a través de numerosas interacciones ecológicas, y los humanos debemos aprovechar estos recursos mediante procesos de extracción y transformación siempre permitiendo su recuperación, garantizando su renovación y permanencia a largo plazo, y al mismo tiempo la nuestra.

Referencias

Acosta Chávez, R. M. (2015). "Logros y retos de las declaratorias estatales de patrimonio inmaterial, San Luis Potosí", en E. Quiroz (ed.), *Coloquio internacional "Construyendo nuestro futuro común; por una gestión ética del patrimonio cultural inmaterial".* México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 123-135.

Aguilar-Rivera, N. (2010). "La caña de azúcar y sus derivados en la Huasteca, San Luis Potosí, México", *Diálogos. Revista Electrónica de Historia,* vol. 11, núm. 1, pp. 81-110.

Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín (2005). "*Odocoileus virginianus.* Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales", base de datos snib-Conabio. Proyecto U020. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. <http// www.conabio.gob.mx/conocimiento/exóticas/fichaexoticas/odocoileusvirginianus00.pdf>.

Anderson, E. F. (1969). "The Biogeography, Ecology, and Taxonomy of Lophophora (Cactaceae)", *Brittonia*, núm. 21, pp. 299-310.

Arias, S y D. Aquino (2019). *Cactaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes, Fascículo 209.* Pátzcuaro, Mich.: Instituto de Ecología A.C. / Centro Regional del Bajío.

Arredondo Gómez, A., F. R. Sánchez Barra y M. Martínez Méndez (2007). *Ensayo de plantación de Ferocactus pilosus (biznaga roja o cabuchera) en San Luis Potosí*, folleto para productores 48. México: Centro de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias.

Arredondo Gómez, A. y M. C. J. Sotomayor (2009). *Cactáceas en categoría de riesgo en el estado de San Luis Potosí,* publicación especial 1. México: Centro de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias.

Ávila-Nájera, D. M., O. C. Rosas-Rosas, L. A. Tarango-Arámbula, J. F. Martínez-Montoya y E. Santoyo-Brito (2011). "Conocimiento, uso y valor cultural de seis presas del jaguar (*Panthera onca*) y su relación con éste, en San Nicolás de los Montes, San Luis Potosí, México", *Revista Mexicana de Biodiversidad,* núm. 82, pp. 1020-1028.

Balderas González, D. (2021). "Depredación y dispersión de semillas de *Dioon edule* por fauna nativa en tres localidades de la Sierra Madre Oriental (Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí)", tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales.

Balderas González, D. (2018). "Flora melífera de los municipios apícolas de zona Media y Altiplano Potosino, S.L.P.", tesis profesional, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias.

Barragán, F., C. L. Rodríguez-Salazar y A. Ramírez-Hernández (2021). "Yucca potosina, un oasis de recursos en zonas áridas y semiáridas del Altiplano Potosino", *Ecoblog-mx,* núm. vi. <https://scme.mx/yucca-potosina-un-oasis-de-recursos-en-zonas-aridas-y-semiaridas-del-altiplano-potosino/>.

Basurto, F., M. Mendoza, V. Hernández y E. Martínez (2018). "Los elementos vegetales del Arco de Xantolo en la Huasteca, Chicontepec, Veracruz, México", *Revista Etnobiología,* vol. 16, núm. 3, pp. 5-17.

Benítez Gómez, V. F. y J. Aguillón Robles (2011). "Transformación constructiva de la vivienda *teenek", Hábitat Sustentable,* núm. 1, pp. 39-46.

Blando Navarrete, J. L., S. Baca Marín y M. Martínez Salvador (2013). "Caracterización ecológica y socioeconómica de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torrey)", en M. Martínez Salvador (ed.), *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México,* libro técnico 5. México: Centro de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias, pp. 57-77.

Bonilla-Morales, M. M., J. Rodríguez Pulido y J. Murillo Pacheco (2013). "Biología de la lapa (*Cuniculus paca* Brisson): una perspectiva para la zoocría", *Revista ces Medicina Veterinaria y Zootecnia,* vol. 8, núm. 1, pp. 83-96.

Carranza González, E. (1992). *Taxodiaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fasciculo 4.* Pátzcuaro, Mich.: Instituto de Ecología A.C. / Centro Regional del Bajío.

Castañeda-Romero, M., M. Luna-Contreras, D. Vela-Godínez, G. Montoya-Santiago, A. González-Bermúdez, R. Martínez Peña y M. Esperón-Rodríguez (2016). "Nota sobre la estructura poblacional de *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México", *Acta Botánica Mexicana*, núm. 115, pp. 65-73.

Castillo-Quiroz, D. C., A. Cano-Pineda y C. A. Berlanga-Reyes (2012). *Establecimiento y aprovechamiento de lechuguilla* (Agave lechuguilla Torr.).

México: Comisión Nacional Forestal / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Conadesuca (2015). "Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*)", enero. México: Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar / Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Conaza (1994). *Mezquite* (Prosopis spp.), *cultivo alternativo de las zonas áridas y semiáridas de México.* México: Comisión Nacional de Zonas Áridas / Instituto Nacional de Ecología.

Dalquest, W. W. (1953). "Mammals of Mexican State of San Luis Potosi", *Biological Sciences,* serie 1, núm. 1-229.

Domínguez García, F. (2006). "Xantolo in the Potosi Huastec Region", *Voices of Mexico,* núm. 77, pp. 40-43.

Flores Rivas, J. D., H. M. Ramírez-Tobías, C. González-Salvatierra, P. Delgado-Sánchez, A. Ponce-Bautista y J. L. Aragón-Gaastelum (2019). "Mezquital extradesértico", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. ii. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 59-61.

Flores Rivas, J. D., R. Mireles-Sánchez, J. A. Flores-Cano, B. M. González-Silva y L. Chapa-Vargas (2008). "Programa Estratégico Forestal del Estado de San Luis Potosí (pefe-slp) 2006-2025". San Luis Potosí: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Flores Rivas, J. D. y G. Martínez de la Vega (2019). "Resumen ejecutivo. Diversidad de ecosistemas", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. ii. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 17-19

Fortanelli-Martínez, J., J. García-Pérez y P. Castillo-Lara (2014). "Estructura y composición de la vegetación del bosque de niebla de Copalillos, San Luis Potosí, México", *Acta Botánica Mexicana,* núm. 106, pp. 161-186.

Gabriel Cruz, A. (2010). "Extracción de pectina de jacube (*A. tetragonus L.*)", tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

García-López, J. C., H. M. Durán-García, J. A. De-Nova, G. Álvarez-Fuentes, J. M. Pinos-Rodríguez, H. A. Lee-Rangel, S. López-Aguirre, D. Ruiz-Tavares, J. A. Rendón-Huerta, J. G. Vicente-Martínez y M. Salinas-Rodríguez

(2019). "Variantes de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Altiplano Potosino, México", *Agrociencia,* núm. 53, pp. 821-831.

Guerrero, A. L. (2017). "Los voladores de Tamaletom, relaciones míticas entre el cielo y la tierra", *Ciencia México,* 3 de mayo. <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/humanidades/15227-voladores-de-tamaletom-relaciones-miticas-cielo-tierra>.

Hernández, F. (1943). *Historia de las plantas de Nueva España.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. <http://www.ibiologia.unam.mx/plantasnuevaespana/pdf/historia_de_las_plantas_I_2_1.pdf>.

Hernández Roldán, E., L. A. Tarango-Arámbula, S. Ugalde-Lezama, A. Hernández-Juárez, C. Cortez-Romero, E. Hernández-Roldan, Y. Cruz-Miranda y F. J. Morales-Flores (2017). "Hábitat y densidad de nidos de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum Mayr*) en una UMA de Zacatecas, México", *Agroproductividad,* vol. 10, núm. 5, pp. 10-17.

Hernández-Sandoval, L., M. L. Osorio, R. Orellana, M. Martínez, A. Pérez, A. Contreras, G. Malda, C. Espadas, K. E. Almanza, H. A. Castillo y A. Félix (2012). *Manejo y conservación de las especies con valor comercial de pata de elefante* (Beaucarnea). México: Universidad Autónoma de Querétaro.

Hubbard, C. E. (1944). "*Imperata cylindrica:* Taxonomy, Distribution, Economic Significance and Control", *Imperial Agricultural Bureaux Joint Publication,* núm. 7, p. 63.

Infante Torres, O. (2011). "El aprovechamiento de fibras naturales del Altiplano Potosino como materia prima para el desarrollo de productos, a través de un modelo de clasificación", tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad del Hábitat.

Jones, F. A. y D. L. Gorchov (2000). "Patterns of Abundance and Human Use of the Vulnerable Understory Palm", *Chamaedorea radicalis* (Arecaceae), in a Montane Cloud Forest, Tamaulipas, Mexico", *The Southwestern Naturalist,* vol. 45, núm. 4, pp. 421-430.

Lara-Ávila, J. P. y Á. G. Alpuche-Solís (2016). "Análisis de la diversidad genética de agaves mezcaleros del centro de México", *Revista Fitotecnia Mexicana,* vol. 39, núm. 3, pp. 323-330.

Lara-Juárez, P., J. R. Aguirre Rivera, P. Castillo Lara y J. A. Reyes Agüero (2015). "Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liome-*

topum apiculatum Mayr (*Hymenoptera: Formicidae*)", *Acta Zoológica Mexicana,* vol. 31, núm. 2, pp. 251-264.

Lascuráin, M., C. López-Binnqüist, S. Avendaño y M. Covarrubias (2017). "The Plant Leaves Used to Wrap Tamales in the Mexican State of Veracruz", *Economic Botany,* núm. 71, pp. 374-379.

Martínez, L. y A. Chacalo (1994). *Los árboles de la ciudad de México.* México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

Martínez Burciaga, O. U., D. Castillo Quiroz y O. Mares Arreola (2011). *Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla* (Agave lechuguilla Torr.) *en el Estado de Coahuila.* México: Centro de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias.

Martínez Rosales, C. R. (2011). "Desarrollo y producción de cabuches en *Ferocactus pilosus* (Galeotti)", tesis profesional, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía.

Martínez Salvador, M., R. Mata González, D. Granados Sánchez y M. Gómez Cárdenas (2013). "Caracterización ecológica y socioeconómica del maguey verde (*Agave salmiana* ssp. *crassispina*)", en M. Martínez Salvador (ed.), *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*, libro técnico 5. México: Centro de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias, pp. 95-125

Mayorga-Hernández, E., D. Rössel-Kipping, H. Ortiz-Laurel, A. R. Quero-Carrillo y A. Amante-Orozco (2004). "Análisis comparativo en la calidad de fibra de *Agave lecheguilla* Torr., procesada manual y mecánicamente", *Agrociencia*, núm. 38, pp. 219-225.

Medina Arredondo, J. y S. Orozco Martínez (2019). "Estudio etnobotánico del ejido Tanchachín, municipio Aquismón, San Luis Potosí", tesis profesional, Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales.

Mellink, E., J. R. Aguirre y E. García (1986). *Estudio sobre la Utilización de la Fauna Silvestre en el Altiplano Potosino Zacatecano.* Chapingo: Colegio de Postgraduados.

Mora-Olivo, A., J. L. Mora-López, J. L. Jiménez-Pérez y J. Sifuentes-Silva (1997). "Vegetación y flora asociada a la palmilla (*Chamaedorea radicalis* Mat.) en la Reserva de la Biosfera El Cielo", *Biotam*, núm. 8, pp. 1-10.

Moreno Valdez, A., P. A. Lavín Murcio y O. M. Hinojosa Falcón (1997). "El Tepezcuintle, Agouti paca (Rodentia: Agoutidae), en Tamaulipas, México", *Revista Mexicana de Mastozoología*, nueva época, vol. 2, núm. 1, pp. 129-131.

Muñoz Güemes, A. (2018). "Producción de piloncillo en San Luis Potosí. ¿Industria emergente o actividad productiva residual?", *Saskab. Revista de Discusiones Filosóficas Desde Acá,* cuaderno, núm. 12, pp. 1-18.

Nava Martínez, L. H. (2019). "La triada del semidesierto: características tecnológicas y nutricionales del maguey, nopal y mezquite en sociedades recolectoras cazadoras del centro norte de México: un análisis comparativo", *Revista Chicomoztoc,* vol. 2, núm. 2, pp. 1-39.

Ortega Leal, S. (2020). *Zacahuil, el tamal más grande del mundo.* México: Fundación Tortilla. <https://fundaciontortilla.org/articulo/zacahuil_el_tamal_mas_grande_del_mundo?gclid=CjwKCAjw3MSHBhB3EiwAxcaEuzpXYaDA_G89SUuR9ypBmr2T0QV8dVb1UJXduockXkAnZQ-m-bT9SRoClo0QAvD_BwE>.

Pineda Manzano, U. (2013). "Participación comunitaria en la protección de los recursos forestales del ejido San Nicolás de los Montes, Tamasopo, San Luis Potosí", tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales.

Pronare (1999). "Fichas técnicas de especies forestales estratégicas. No. 1-3", *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal.*

Quero, H. J. (1994). *Palmae. Flora de Veracruz. Fascículo 81.* Xalapa, Ver.: Instituto de Ecología, A.C.

Reyes Estrada, M. (1998). "Efecto del Farmagib NZn sobre la germinación in vitro de semillas de la biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus*)", tesis profesional, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Reyes-Agüero, J. A., J. R. Aguirre Rivera y J. L. Flores Flores (2005). "Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México", *Interciencia,* vol. 30, núm. 8, pp. 476-484.

Ríos Saucedo, J. C., M. Martínez Salvador y A. S. Mojica Guerrero (2013). "Caracterización ecológica y socioeconómica del mezquite (*Prosopis* spp.)", en M. Martínez Salvador (ed.), *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México,* libro técnico 5. México: Centro

de Investigación Regional del Noreste / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, Pecuarias, pp. 31-55.

Rivera Apodaca, M. (2015). "La importancia de la biodiversidad". México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. <https://www.ciad.mx/la-importancia-de-la-biodiversidad/>.

Rodríguez-Sauceda, E., G. Rojo-Martínez, B. Ramírez-Valverde, R. Martínez-Ruiz, M. C. Cong-Hermida, S. Medina-Torres y H. Piña-Ruiz (2014). "Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata Humb. & Bonpl. ex Willd.*) en México, *Ra Ximhai,* vol. 10, núm. 3, pp. 173-193.

Rubio-Méndez, G., H. A. Castillo-Gómez, L. Hernández-Sandoval, G. Espinosa-Reyes y J. A. De-Nova (2018). "Chronic Disturbance Affects the Demography and Population Structure of *Beaucarnea inermis,* a Threatened Species Endemic to Mexico", *Tropical Conservation Science,* vol. 11, núm. 1, pp. 1-12.

Rubio-Méndez, G., I. J. Chávez-Acuña, L. Yáñez-Espinosa y J. Fortanelli-Martínez (2021). "Effect of Seed Collection on the Structure and Dynamics of Wild Populations of *Dioon edule* (Zamiaceae)", *Journal of the Torrey Botanical Society,* vol. 148, núm. 1, pp. 17-26.

Rzedowski, J. (1955). "Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí, México", *Ciencia. Revista Hispano-Americana de Ciencias Puras y Aplicadas*, núm. 15, pp. 89-96.

Sader (2016). "Acitrón, dulce regalo del desierto". México: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/acitron-dulce-regalo-del-desierto>.

Salas de León, S.N., J. A. Reyes Agüero y C. Villar Morales (1999). "Distribución geográfica y ecológica de la flora amenazada de extinción en la zona árida del estado de San Luis Potosí, México", *Polibotánica,* núm. 10, pp. 1-21.

Sandoval García, C. (2010). "Comportamiento biológico del agua para consumo humano en la microcuenca San Juan Otontepec, Veracruz, México", tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Santos-Moreno, A. y G. Pérez-Irineo (2013). "Abundancia de tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y relación de su presencia con la de competidores y depredadores en una selva tropical", *Therya,* vol. 4, núm. 1, pp. 89-98.

Sheldon, S. (1980). "Ethnobotany of *Agave lechuguilla* and *Yucca carnerosana* in Mexico's Zona Ixtlera", *Economic Botany,* vol. 34, núm. 4, pp. 376-379.

Tello Balderas, J. y E. García Moya (1988). "El maguey (Agave, subgénero Agave) en el Altiplano Potosino-Zacatecano", *Boletín de la Sociedad Botánica de México,* núm. 48, pp. 119-134.

Torres Ayala, J. M. (1998). "Distribución y taxonomía del género *Neotoma* (Mammalia: rodentia) en el estado de Nuevo León, México", tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.

Torres de la Huerta, A. (2009). *Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado.* Hermosillo, Son.: Comisión Nacional Forestal / Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Vázquez Chacón, J. Y. (2021). "Peyote: características, hábitat, cuidados, usos", *Lifeder.* <https://www.lifeder.com/peyote/>.

Villanueva Díaz, J., A. Hernández Reyna, F. García Sánchez, E. H. Cornejo Oviedo, D. W. Stahle, M. D. Therrell y M. K. Cleaveland (2003). "Análisis estructural de un rodal de sabino (*Taxodium mucrontum* Ten.) en Los Peroles, San Luis Potosí, México", *Revista Ciencia Forestal en México,* núm. 28, pp. 94, pp. 57-79.

Whitaker, J. (1980). *National Audubon Society Field Guide to North American Mammals.* Alfred A. Knopf, Inc.

Wiggins, I. L. (1980). *Flora of Baja California.* Stanford, Cal.: Stanford University Press.

Zavala Sánchez, J. C. (2021). *Manejo de hormigueros para la producción de escamoles* (*Liometopum apiculatum* Mayr) *en el Altiplano Potosino.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria.

CAPÍTULO 11
LAS ESPECIES EN RIESGO

Joel Flores Rivas
Guillermo Martínez de la Vega
Tania Ramírez-Valverde
Rubén Alonso Carbajal-Márquez

México es uno de los diecisiete países del mundo considerados megadiversos debido a la gran diversidad biológica que hay en su territorio y a que un alto porcentaje de esas especies son endémicas (que se encuentran exclusivamente en nuestro país) (Semarnat, 2010; Conabio, 2019).

A pesar de esta riqueza de especies únicas, a lo largo y ancho de su territorio, las actividades agrícolas, pecuarias y el uso incontrolado de recursos naturales amenazan a un gran número de especies de todos los grupos taxonómicos. Las causas principales de amenaza son los cambios de uso del suelo, tales como la deforestación y fragmentación de la cubierta forestal, y la alteración del hábitat. También tienen gran impacto las actividades ilícitas: el comercio ilegal de especies de plantas y animales, la cacería furtiva y la introducción de especies invasoras exóticas, no nativas (Conabio, 2019).

Para enfrentar estas amenazas, se han elaborado instrumentos legales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LEGEEPA) y la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la Ley General de Vida Silvestre (Ramírez-Bautista *et al*., 2021; Sánchez-González *et al*., 2021).

La norma NOM-059 (Semarnat, 2010) contiene la información acerca de la conservación de las especies de vida silvestre y estima su riesgo o vulnerabilidad en cuatro categorías: (E) probablemente extinta en estado silvestre, (P) en peligro de extinción, (A) amenazada y sujeta a protección especial (Pr); también se indica si es endémica (EN) o no endémica (NE).

El estado de San Luis Potosí tiene una elevada riqueza, promedio por grupos taxonómicos del país (quinto lugar nacional), en sus ecosistemas desérti-

cos, templados y tropicales y ecosistemas acuáticos. Ocupa el quinto lugar en diversidad de flora y fauna, y tiene un alto porcentaje de especies endémicas y en categoría de riesgo. El registro más reciente es que hay 335 especies e infraespecies de plantas y animales en alguna categoría de riesgo (más de 70 de las plantas son de la familia Cactaceae), lo que representa 12.9 % de esas especies incluidas en la NOM-059 (Conabio, 2019). Las 136 especies de plantas en riesgo registradas en el estado corresponden a 117 angiospermas (13 en peligro, 39 amenazadas y 65 sujetas a protección especial) y 19 gimnospermas (9 en peligro, 5 amenazadas y 5 sujetas a protección especial). Un total de 22 especies en peligro de extinción, 44 amenazadas y 70 sujetas a protección especial (Conabio, 2019).

Entre las plantas en riesgo, destacan 74 especies de la familia Cactaceae (véase Flores Rivas, 2019), debido a la extracción y venta ilegal y la perturbación del hábitat por la ganadería y la agricultura (Boyle y Anderson, 2002). Para la mayoría de las cactáceas, la perturbación del hábitat es la principal causa de la disminución de las poblaciones, pero para las poblaciones naturales de peyote (*Lophophora williamsii*), una de las principales amenazas es la recolección de especímenes para consumo personal y ceremonial. Los huicholes recolectan las plantas de peyote en Real de Catorce, y sólo en este sitio, a pesar de que su distribución es más amplia. La cantidad de individuos de peyote ha disminuido, por lo que es necesario y crucial que se combata o frene la recolección ilegal. Ejemplos de esta son la incautación de 921 kg en México entre los años 1996 y 2000 (Bárcenas-Luna, 2003), así como más de 400 kg y casi 2 700 especímenes durante el periodo 2009-2014 (Rojas-Aréchiga y Flores, 2016).

El consumo debe limitarse a los usos medicinales, espirituales y religiosos de los grupos étnicos, ya que forma parte de sus costumbres culturales y tradicionales; pero también por aquéllos con un fin medicinal justificado por sus propiedades curativas para varias enfermedades (Rojas-Aréchiga y Flores. 2016).

También se encuentran en categoría de riesgo ocho especies de la familia Asparagaceae: *Agave dasylirioides, Beaucarnea recurvata, Beaucarnea stricta, Beaucarnea hookeri, Dasylirion berlandieri, Dasylirion longissimum* (figura 11.1), *Manfreda potosina* y *Polianthes palustris*; seis especies de la familia Orchidaceae: *Chysis bractescens, Laelia speciosa, Prosthechea mariae, Schiedeella nagelii, Stanhopea tigrina* (figura 11.2) y *Vanilla planifolia*; cuatro especies de palmas de la familia Arecaceae: *Brahea berlandieri* (figura 11.3), *Chamaedorea ernes-*

ti-augusti, Chamaedorea microspadix y *Chamaedorea schiedeana*; once especies de la familia Zamiaceae: *Ceratozamia hildae, C. huastecorum, C. kuesteriana, C. latifolia, C. mexicana, C. microstobila, C. zaragozae, Dioon edule, Zamia fischeri, Z. loddigesii* y *Z. vazquezii*; cuatro especies de la familia Pinaceae: *Abies guatemalensis, Pinus nelsoni, P. pinceana* y *P. strobiformis*; entre otras especies de diversas familias (Conabio, 2019).

Con respecto a la riqueza total de animales y las especies en riesgo, no se cuenta con información actualizada sobre invertebrados (arácnidos, miriápodos, moluscos, crustáceos, e insectos), sólo se tienen datos aproximados de su diversidad probable (Conabio, 2019). Incluso, en la lista oficial de especies en riesgo de la NOM-059 (Semarnat, 2010) son pocas las especies de invertebrados consideradas.

En cuanto a vertebrados, el número aproximado de especies que se encuentran en categoría de riesgo según la NOM-059 (Semarnat, 2010), en cada clase, es el siguiente: 14 especies de peces (7 en peligro, 6 amenazadas y 1 sujeta a protección especial), 19 especies de anfibios (2 en peligro de extinción, 3 amenazadas y 14 sujetas a protección especial), 53 especies de reptiles están en riesgo (1 se encuentra en peligro de extinción, 22 amenazadas y 30 sujetas a protección especial), 81 especies de aves (12 en peligro, 27 amenazadas y 42 sujetas a protección especial) y 45 especies de mamíferos, 2 de ellas

Figura 11.1. Vista de una ladera con sotol (*Dasylirion longissimum*).

Foto: Juan Pablo Ortiz Brunel.

probablemente extintas en el medio silvestre (el berrendo *Antilocapra americana* y el lobo gris *Canis lupus baileyi*); 18 en peligro de extinción, como el caso del jaguar (*Panthera onca*); 17 amenazadas y ocho sujetas a protección especial (López y Martínez de la Vega, 2019; Martínez de la Vega, 2023).

Figura 11.2. Orquídea llamada torito (*Stanhopea tigrina*).

Foto: Edilia de la Rosa.

Figura 11.3. Palma de la Sierra Madre Oriental (*Brahea berlandieri*).

Foto: © Tereso Hernández Morales (cc-by), en naturalista, https://www.naturalista.mx/observations/147978158>.

En total, para todas las especies de vertebrados, 30 de ellas están en peligro de extinción, 71 amenazadas y 96 sujetas a protección especial (Conabio, 2019). Entre las especies de peces en mayor riesgo por ser endémicas del estado, se encuentra el pez cachorrito de la laguna Media Luna (*Cualac tesellatus*; figura 11.4; Ceballos *et al.*, 2016).

Figura 11.4. Cachorrito de la laguna Media Luna (*Cualac tesellatus*).

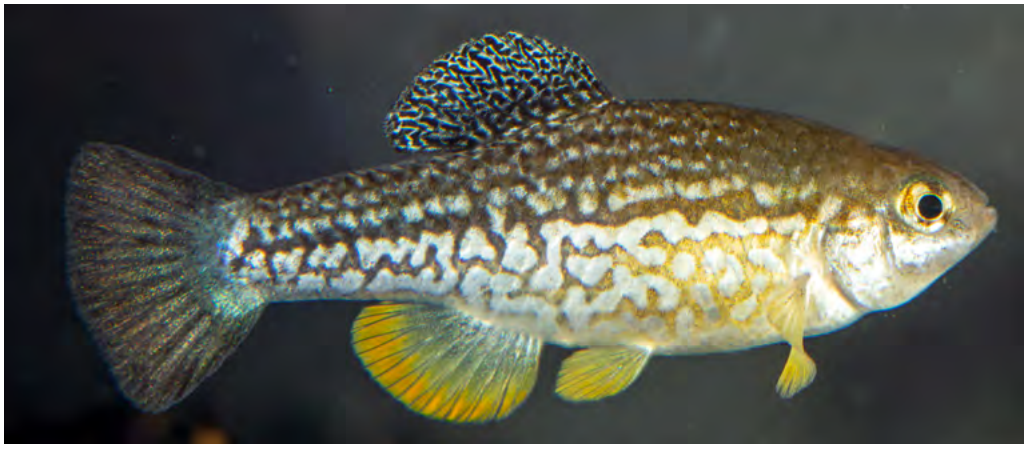


Foto: <Fishspeciation/Wikipedia.org>.

Los anfibios y reptiles son los grupos de vertebrados con el mayor número y porcentaje de especies en alguna categoría de riesgo; los nombres comunes son de acuerdo con Liner y Casas-Andreu (2008). Las especies de anfibios en peligro de extinción son la rana de Moore (*Lithobates johni*; figura 11.5) y el tritón de manchas negras (*Notophthalmus meridionalis*; figura 11.6). Las especies amenazadas son la babosa (*Aquiloeurycea cephalica;* figura 11.7) y el ajolote de tierra (*Isthmura bellii*). Finalmente mencionaremos sólo algunas de las catorce especies sujetas a protección especial, como el ajolote del altiplano (*Ambystoma velasci*), el ajolote de tierra (*Bolitoglossa platydactyla*; figura 11.8), el sapo verde (*Anaxyrus debilis*), la ranita olivo (*Gastrophryne olivacea*), la rana orejona (*Eleutherodactylus verrucipes;* figura 11.9) y la rana leopardo del río Bravo (*Lithobates berlandieri*; figura 11.10).

Figura 11.5. Rana de Moore (*Lithobates johni*).

Foto: Leonardo Fernández Badillo.

Figura 11.6. Tritón de manchas negras (*Notophthalmus meridionalis*).

Foto: Leonardo Fernández Badillo.

Figura 11.7. Babosa (*Aquiloeurycea cephalica*).

Foto: Rubén Alonso Carbajal Márquez.

Figura 11.8. Ajolote de tierra (*Bolitoglossa platydactyla*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 11.9. Rana orejona (*Eleutherodactylus verrucipes*).

Foto: Rubén Alonso Carbajal Márquez.

Figura 11.10. Rana leopardo del río Bravo (*Lithobates berlandieri*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

En cuanto a las especies de reptiles, la lagartija de cristal de cuello plano (*Ophisaurus incomptus*) es la única en peligro de extinción (figura 11.11). Entre las veintidós especies amenazadas, están la tortuga de desierto (*Gopherus berlandieri*), el niño (*Coleonyx elegans*), la lagartija ciega mexicana (*Anelytropsis papillosus*; figura 11.12), el camaleón de montaña (*Phrynosoma orbiculare*), la culebra ranera mexicana (*Leptophis mexicanus*; figura 11.13) y el metapil (*Agkistrodon taylori*; figura 11.14). Entre las treinta especies en la categoría de sujetas a protección, está la tortuga casquito de pata rugosa (*Kinosternon hirtipes*), el escorpión arborícola de bandas (*Abronia taeniata*), el lemancto coronado (*Lemanctus serratus*), el garrobo del noreste (*Ctenosaura acanthura*; figura 15), el lincer de los encinos (*Plestiodon lynxe*), la lagartija nocturna de montaña (*Lepidophyma sylvaticum*), la culebra minadora de tierras altas (*Geophis mutitorques*), la cordelilla manchada (*Imantodes cenchoa*), la cascabel verde (*Crotalus lepidus*), la tepocolcoatl (*Crotalus totonacus*; figura 11.16); y por último, entre los lagartos, el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*; figura 11.17).

Figura 11.11. Lagartija cristal de cuello plano (*Ophisaurus incomptus*).

Foto: Mirna Crizel Vera Chávez.

Figura 11.12. Lagartija ciega mexicana (*Anelytropsis papillosus*).

Foto: Anny Peralta García.

Figura 11.13. Culebra ranera mexicana (*Leptophis mexicanus*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 11.14. Metapil (*Agkistrodon taylori*).

Foto: Eric Centenero Alcalá.

Figura 11.15. Garrobo del noreste (*Ctenosaura acanthura*).

Foto: Carlos Castañeda Hernández.

Figura 11.16. Cascabel tepocolcoatl (*Crotalus totonacus*).

Foto: <Herp.mx>.

Figura 11.17. Cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*).

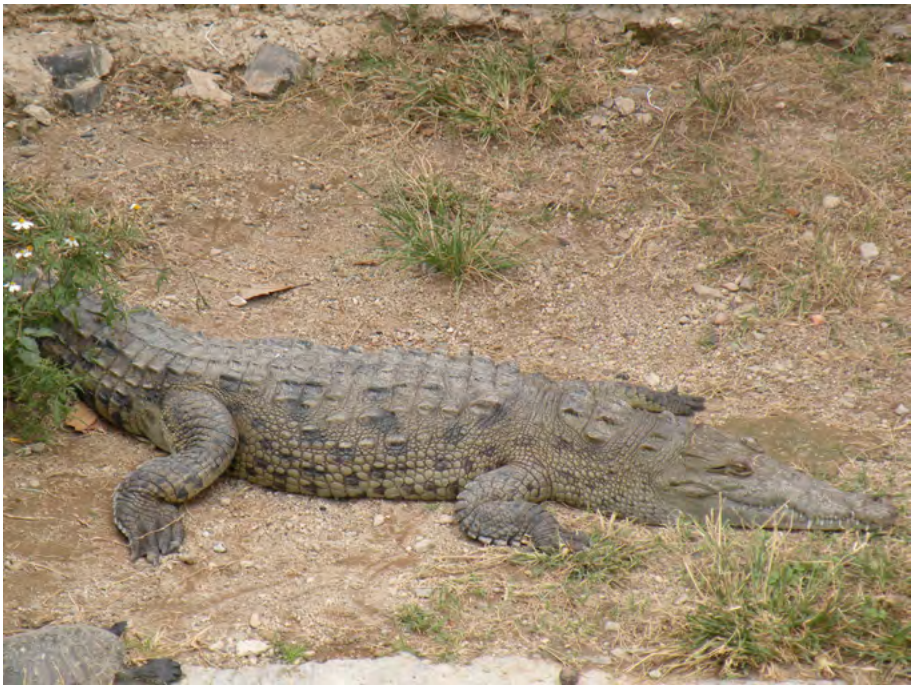


Foto: Guillermo Martínez de la Vega.

Con respecto a las aves, el estado presenta una de las mayores diversidades del país, ya que tiene 541 especies (47.05, %); en esa riqueza, hay 78 especies (6.78 % nacional, 14.44 % estatal) catalogadas en riesgo (Semarnat, 2010). Además, tiene 54 especies endémicas en distinto grado: 34 % son endémicas del país, 26 % cuasiendémicas y 40 % semiendémicas dependiendo de su distribución compartida entre regiones en otros estados, ya que ninguna es exclusiva de la entidad. Con un promedio del 37 %, el endemismo de las aves por tipos de vegetación se concentra en las selvas, el bosque mesófilo/de coníferas y en los matorrales secos. Varias especies ya no habitan en el estado; este es el caso de la guacamaya roja (*Ara macao*), el halcón fajado (*Falco femoralis*) y el zopilote rey (*Sarcorhamphus papa*), de los cuales existen algunos registros históricos (Navarro *et al.*, 2004, Ceballos y Márquez-Valdemar, 2010; Ortiz-Pulido *et al.*, 2010; Ortiz-Pulido, 2018; Conabio, 2019).

Entre las especies de aves, en riesgo están el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*; figura 11.18), la guacamaya verde (*Ara militaris*; figura 11.19), y el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*; figura 11.20). El halcón peregrino (*Falco peregrinus*) está considerado como especie en protección especial; y el águila real (*Aquila chrisaetos*), en peligro de extinción, entre muchas otras (Ceballos y Márquez-Valdemar, 2000; Ortiz-Pulido, 2018).

Figura 11.18. Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 11.19. Guacamaya Verde (*Ara militaris*).

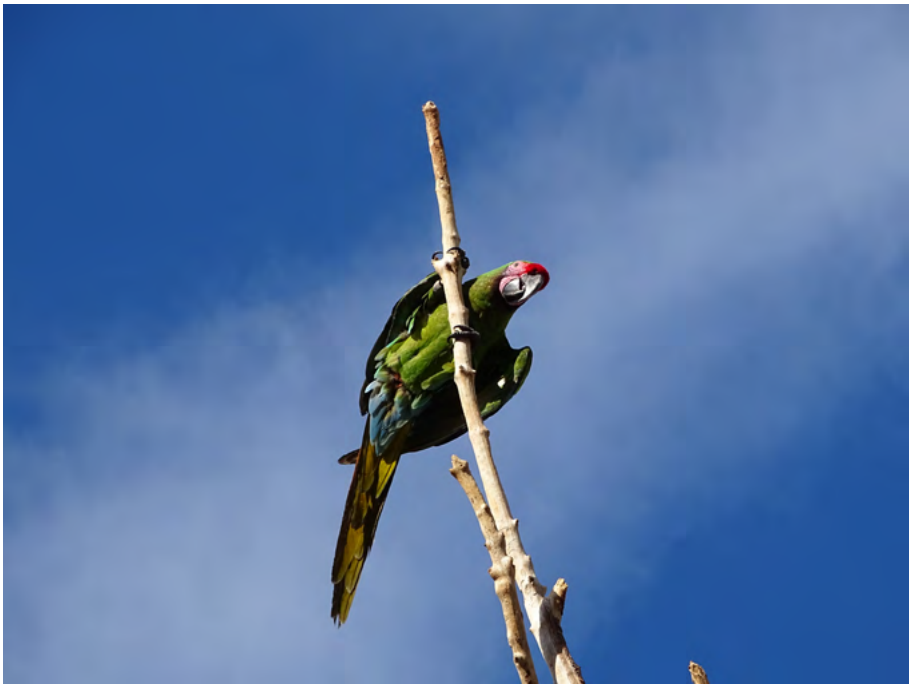


Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Figura 11.20. Loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*).

Foto: José Romeo Tinajero Hernández.

Entre las 162 especies de mamíferos que hay en el estado, 45 especies están en diferentes categorías de riesgo (27.77 %) y de otras 12 especies se desconoce su situación actual (estatus indeterminado). Los mamíferos endémicos de México que hay en el estado son la musaraña (*Notiosorex crawfordi*), la rata canguro (*Dipodomys phillipsii*; figura 11.21), la rata arrocera (*Oryzomys rostratus*), la tuza (*Thomomys umbrinus*), el perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*; figura 11.22). En peligro de extinción, se consideran los murciélagos magueyeros (*Leptonycteris curasoae* y *L. nivalis*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) y varios carnívoros, entre ellos el jaguar (*Panthera onca*; figura 11.23). Entre las especies en categoría de amenazadas, se tiene como ejemplo al puercoespín (*Coendou mexicanus*) y a la ardilla voladora (*Glaucomys volans*), y de las especies sujetas a protección especial, están la musaraña café (*Criptotys obscurus*), el murciélago orejudo manchado (*Euderma maculatum*), las ratas canguro (*Dipodomys* spp.), la martucha (*Potos flavus*) y el puma (*Puma concolor*) (Conabio, 2019).

Figura 11.21. Rata canguro (*Dipodomys phillipsii*).

Foto: Armando Cardona Arceo.

Figura 11.22. Perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*).

Foto: Guillermo Espinosa Reyes.

Figura 11.23. Jaguar (*Panthera onca*).

Foto: Guillermo Martínez de la Vega.

Conclusiones y recomendaciones

San Luis Potosí destaca por su gran diversidad de especies animales y vegetales en una amplia gama de hábitats terrestres y dulceacuícolas. De acuerdo con la riqueza de especies, en todos los taxones ocupa el quinto lugar promedio nacional. No se tiene conocimiento de especies amenazadas por efecto de sequías o por incremento de la temperatura, aunque es posible que algunas especies sean más sensibles (indicadoras) y no logren sobrevivir al cambio climático.

Es necesario conservar tanto a las especies de plantas y animales en categoría de riesgo como también los ecosistemas, y en general a toda la biodiversidad. Por ello se sugiere incorporar programas de protección y proyectos de investigación de especies en riesgo y de hábitats prioritarios, como los humedales, las selvas tropicales, los bosques de niebla, el matorral submontano y el matorral rosetófilo, por su alta riqueza y endemismo de especies.

Entre las acciones estratégicas para la recuperación de poblaciones y la conservación de las especies en riesgo, se recomienda continuar con investigaciones taxonómicas (inventarios, colecciones, clasificaciones), ecológicas (de distribución y abundancia), biogeográficas (en distintas escalas de espacio y tiempo), de tolerancia a la sequía y al calentamiento global (adaptación y supervivencia de especies más vulnerables), de recuperación (cría y repoblación); evaluar su situación en las áreas naturales protegidas, en los ecotonos de agroecosistemas, su presencia en áreas agrícolas y el impacto de la ganadería.

Se recomienda también impulsar la creación de corredores biológicos, construir centros de rehabilitación de vida silvestre, apoyar a las unidades ambientales en manejo diversificado de vida silvestre (UMA) dedicadas a la cría y conservación de especies nativas, e identificar los sitios de tráfico ilegal de flora y fauna para minimizarlo mediante acciones de inspección y vigilancia de las autoridades ambientales, así como crear opciones de empleo y desarrollo para la población humana.

Son importantes los programas oficiales y las políticas públicas en materia ambiental desde el gobierno y los proyectos de investigación desde la academia que incluyan la difusión de información científica para la mejor toma de decisiones en conservación de la biodiversidad, así como divulgar el conocimiento en foros de educación ambiental no formal dirigidos a todos los ciudadanos del estado.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los amigos y colegas que amablemente facilitaron fotografías para ilustrar el capítulo; al pie de cada imagen se da el crédito correspondiente como autores de cada una. A Edilia de la Rosa, Juan Pablo Ortiz Brunei, Leonardo Fernández Badillo, Carlos Castañeda Hernández, Mirna Crizel Vera Chávez, Anny Peralta García, Eric Centenero Alcalá, José Romeo Tinajero Hernández, Armando Cardona Arceo y Guillermo Espinosa Reyes.

La clasificación, taxonomía y nomenclatura de las especies de fauna están actualizadas hasta junio de 2023, fecha en la cual los autores entregaron la última revisión. Los posibles cambios ocurridos en los nombres científicos de entonces a la fecha actual no son por tanto responsabilidad de los autores de este capítulo.

Referencias

Bárcenas-Luna, R. T. (2003). "Chihuahuan Desert Cacti in Mexico: An Assessment of Trade, Management, and Conservation Priorities", en C. S. Robbins (ed.), *Prickly Trade and Conservation of Chihuahuan Desert Cacti*, parte 2. Washignton, D.C.: TRAFFIC North America, pp. 1-65.

Boyle, T. H. y E. Anderson (2002). "Biodiversity and Conservation", en P. S. Nobel (ed.), *Cacti: Biology and Uses.* Los Ángeles, Cal.: University of California Press, pp. 125-141.

Ceballos, G, E. Díaz Pardo, L. Martínez Estévez y H. Espinosa-Pérez (coords.) (2016). *Los peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción.* México: Fondo de Cultura Económica.

Ceballos, G. y L. Márquez Valdemar (2000). *Las aves de México en peligro de extinción.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología / Fondo de Cultura Económica.

Conabio (2019). *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Flores-Rivas, J. D. (2019). "Cactáceas en categoría de riesgo", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. II. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 122-125.

Liner, E. A. y G. Casas-Andreu (2008). *Nombres estándar en español e inglés y nombres científicos de los anfibios y reptiles de México/Standard Spanish, English, and Scientific Names of Amphibians and Reptiles of Mexico*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Herpetological Circular, 38.

López Vázquez, V. H. y G. Martínez de la Vega (2019). "Especies en riesgo", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 291-299.

Martínez de la Vega, G. (2023). *Mamíferos de San Luis Potosí.* San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Navarro, S. A., H. Garza-Torres, S. L. de Aquino y O. Rojas-Soto (2004). "Patrones biogeográficos de la avifauna", en I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental, México.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 439-467.

Ortiz-Pulido, R. (2018). "¿Qué especies de aves están en riesgo en México?", *Huitzil. Revista Mexicana de Ornitología,* vol. 19, núm. 2, pp. 237-272.

Ortiz-Pulido, R., A. N. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto y T. A. Peterson (eds.) (2010), *Avifaunas estatales de México: capítulo San Luis Potosí.* México: Cipamex.

Ramírez-Bautista, A., A.P. Martínez-Falcón, A. Sánchez-González y P. O. Aguilar (2021). "Conservación biológica en México: ¿realidad o utopía?", *Herreriana,* vol. 3, núm. 1, pp. 18-22.

Rojas-Aréchiga, M. y J. Flores (2016). "An Overview of Cacti and the Controversial Peyote", en B. C. Labate y C. Cavnar (eds.), *Peyote: History, Tradition, Politics, and Conservation.* Santa Barbara, Cal.: Praeger, pp. 21-42.

Sánchez-González, A., A. P. Martínez-Falcón, P. O. Aguilar, S. Martínez-Hernández, A. Ramírez-Bautista, J. Bravo-Cadena, D. N. Galván-Hernández y R. Ortíz-Pulido (2021). "Conservación biológica: el caso de algunos grupos de insectos, anfibios, reptiles, aves y plantas en México", *Herreriana,* vol. 3, núm. 1, pp. 12-17.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). "Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo", *Diario Oficial de la Federación,* segunda sección, jueves 30 de diciembre.

CAPÍTULO 12
LA DEFORESTACIÓN, LA FRAGMENTACIÓN Y LA CONECTIVIDAD

Arturo De-Nova
Enrique De-Nova
Joel Flores Rivas
Humberto Reyes-Hernández
Francisco Javier Sahagún-Sánchez

La transformación del paisaje en el estado de San Luis Potosí es un proceso constante que se ha agravado en los últimos años debido principalmente a las actividades humanas: la agricultura, la ganadería, la urbanización, la construcción de infraestructura y la minería. Esta situación ha aumentado la tasa de deforestación y fragmentación de la cubierta vegetal original, que son las causas principales de pérdida y extinción de biodiversidad (Velázquez et al., 2002).

La deforestación implica la conversión de cualquier cobertura natural a otro uso del suelo (agrícola, pecuario o urbano). Ocurre cuando la cubierta de copa de los árboles se reduce a menos del límite de 10 % de su cobertura original (FAO, 2010) y tiene impacto negativo sobre los ciclos hidrológicos, la conservación del suelo y la provisión de servicios ecosistémicos, lo que finalmente incrementa la vulnerabilidad en grupos humanos (Reyes-Hernández, 2019). Por su parte, la fragmentación sucede cuando un paisaje forestal es reducido a pequeños remanentes o fragmentos dispersos continuos (Marsh y Grossa, 2005). Ambos procesos generan la reducción del hábitat para las especies y la extinción local de aquellas más susceptibles (Dirzo y García, 1992; Vázquez *et al.*, 2008). Además, la deforestación y la fragmentación disminuyen la conectividad entre ecosistemas, lo que impacta directamente la supervivencia de las poblaciones animales y vegetales (Zemanova *et al.*, 2017).

Los resultados de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005) señalan que la creciente demanda de alimentos, agua, madera, fibras y combustibles ha modificado los ecosistemas del planeta más rápida y extensamente que en cualquier otro periodo de la historia. En tan sólo cincuenta años, la

mitad de la cubierta forestal nativa del planeta se ha perdido, la extensión de las áreas de cultivo alcanzó 30 % de la superficie terrestre y la demanda de uso de agua se cuadruplicó. Entre algunos cambios, destaca una pérdida de 35 % de la extensión de manglares y la perturbación de 20 % de los arrecifes coralinos (Sánchez-Colón *et al.*, 2009).

Los procesos de deforestación y modificación de los ecosistemas son promovidos por factores directos y subyacentes en donde la actuación gubernamental es clave (Geist y Lambin, 2002). Para el caso de San Luis Potosí, gran parte de las selvas bajas de la planicie Huasteca fueron deforestadas por el proyecto hidroagrícola Pujal-Coy, impulsado por el Estado mexicano en la década de 1970, y que causó la deforestación de más de 73 000 ha (Reyes-Hernández *et al.*, 2006). En otras regiones de la entidad, como ocurre en la Sierra Madre Oriental, los principales promotores del cambio son la tala selectiva, la ganadería extensiva y el desarrollo de infraestructura urbana y de carreteras (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011).

En los últimos años en México se logró disminuir la superficie deforestada de 221 000 hectáreas por año (1990 a 2000) a 125 000 hectáreas (2010 a 2020) (FAO, 2010, 2021). En el caso de San Luis Potosí, se perdieron entre 1992 y 2002 cerca de 164 500 ha de vegetación natural, 8.2 % de la superficie total estatal, debido a la construcción de infraestructura, nuevas vías de comunicación, incendios y desarrollo agropecuario (Flores-Rivas *et al.*, 2008). En la entidad hay distintos tipos de cubiertas vegetales, como i) bosques de coníferas y encinos, bosque mesófilo de montaña, selvas bajas, medianas y altas, ii) distintos tipos de matorrales, iii) pastizales y iv) vegetación hidrófila, las cuales son descritas con detalle en otro capítulo de la presente obra (capítulo 6, "La distribución altitudinal del suelo, la vegetación y la fauna").

Los estudios previos señalan que una superficie importante de bosques y selvas fue deforestada principalmente en la región Huasteca, en donde las actividades agrícolas y ganaderas han tenido un creciente auge en los últimos años (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011; Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019). De acuerdo con la información derivada del procesamiento y análisis del "Conjunto de datos vectoriales de usos del suelo y vegetación" del Inegi (series IV y VI; Inegi, 2009, 2016), se observa que la dinámica de trasformación de las cubiertas vegetales es una constante, que genera pérdidas y ganancias de superficie en los bosques, selvas y matorrales en toda la entidad (véase capítulo 2, "El uso del suelo").

En particular, los matorrales xerófilos se han visto seriamente afectados con una pérdida de 56 734.83 ha (cuadro 12.1; figura 12.1). Por otro lado, los bosques y selvas se encuentran sometidos a una dinámica de trasformación donde, por un lado, se pierden superficies de cubiertas vegetales, principalmente en zonas donde se expanden las actividades agrícolas y ganaderas; y por otro, se presentan procesos de recuperación de las cubiertas en sitios donde se ha modificado el uso de suelo o que han sido abandonados, lo cual permite el restablecimiento de las cubiertas originales.

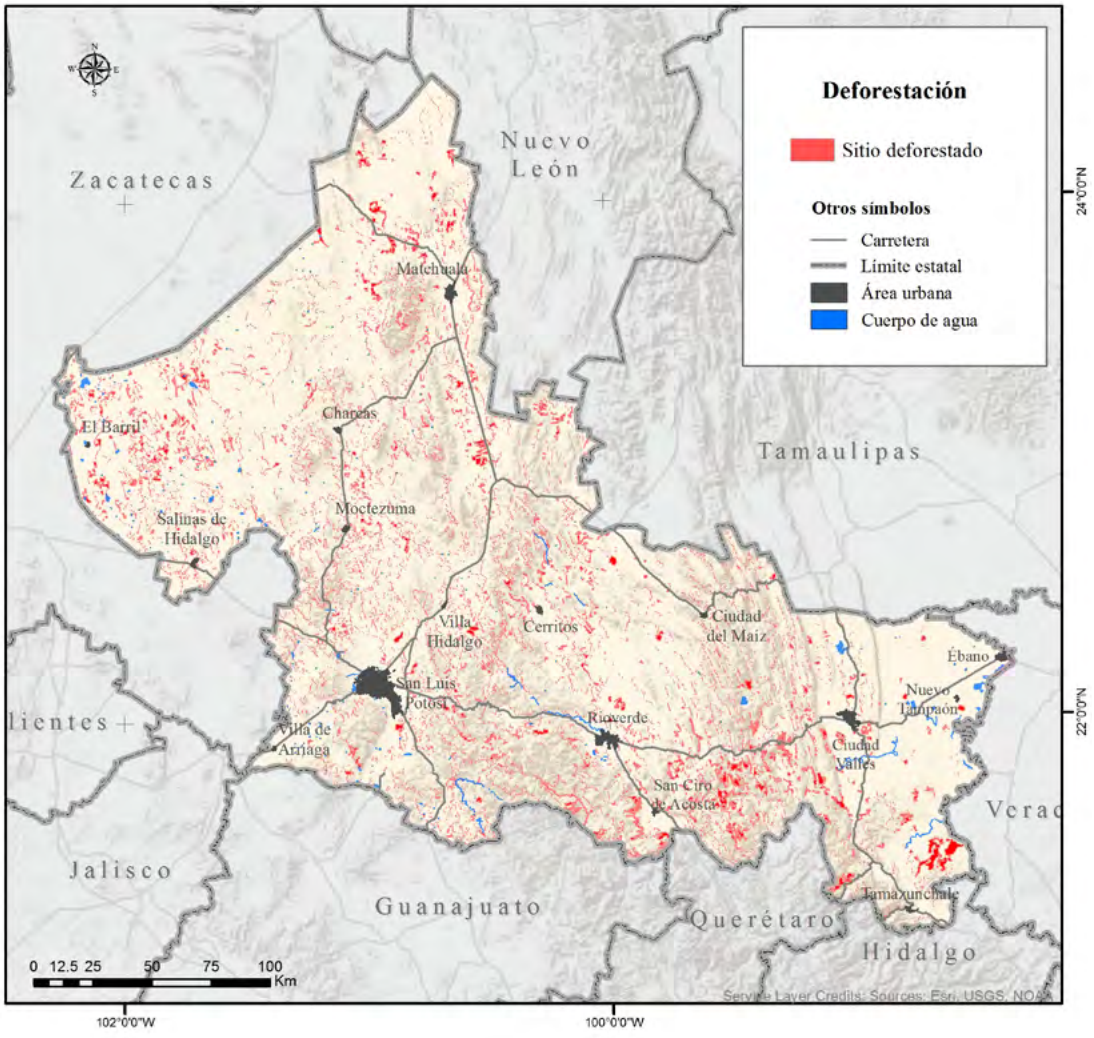
Cuadro 12.1. Estimación de las tasas de deforestación de 2009 a 2016 por tipo de cubierta vegetal.

Clase	*Serie IV (2009) Superficie (ha)*	*Serie VI (2016) Superficie (ha)*	*Diferencia (ha)*	*Pérdida 2009 a 2016*	*Ganancia 2009 a 2016*	*FAO (1996) Tasa anual de deforestación (%)*
B	594 187.83	595 069.29	881.46	-18 816	19 697	0.01
BMM	7 693.29	7 185.96	-507.33	-589	82	-0.75
MX	3 028 044.42	2 971 309.59	-56 734.83	-86 433	29 698	-0.21
S	367 311.69	367 382.07	70.38	-32 454	32 524	0.002

B: Bosques. BMM: Bosque mesófilo de montaña. MX: Matorral xerófilo. S: Selva.

En la mayoría de los casos, las zonas que muestran recuperación incluyen vegetación secundaria con diferentes estados de desarrollo. Esta situación explica por qué en algunas de las cubiertas se registra una recuperación marginal en la superficie estatal, aunque en los ámbitos regional y local sea más evidente su pérdida y transformación, como es el caso de la Sierra Madre Oriental o el Altiplano. En la figura 12.2 se muestran algunos ejemplos del efecto de la pérdida de coberturas naturales de diferentes ecosistemas, en algunas regiones del estado.

Figura 12.1. Áreas deforestadas de selvas, bosques y matorrales en el estado de San Luis Potosí de los años 2009 a 2016.



Fuente: Inegi (2009; 2016). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

Figura 12.2. Efectos de la deforestación y la fragmentación en algunos ecosistemas de San Luis Potosí. a) Agricultura de temporal nómada en las selvas de Xilitla y Huehuetlán; b) bosque mesófilo de montaña transformado en áreas de pastoreo, Copalillos, Tamasopo; c) pinares Sierra del Camarón, Tierra Nueva; d) encinares fragmentados, Villa de Zaragoza.

Fotos: Arturo De-Nova.

El caso de la Sierra Madre Oriental

La Sierra Madre Oriental (SMO) es una de las regiones más importantes para la conservación en México debido a sus altos niveles de biodiversidad (Luna-Vega *et al.*, 2004). Dicha región alberga los macizos forestales de mayor extensión y prioridad para la conservación de la biodiversidad en la entidad, la cual ha sido afectada profundamente por la transformación de los bosques y las selvas (Loa *et al.*, 2009; Reyes-Hernández, 2019). Los estudios al respecto indican que en un periodo de dieciséis años (1989 a 2005) se perdieron más de 36 200 ha de coberturas naturales, 24 013 ha de selvas, 7 600 ha de bosques, 2 918 de matorrales y 614 de vegetación hidrófila. Por otro lado, las áreas dedicadas a la agricultura se incrementaron en 28 648 ha y la vegetación secundaria en 6 705 ha (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011). Las mayores transformaciones se identificaron en la porción centro-sureste de la región, que coincide con la mayor densidad poblacional y creciente actividad agropecuaria en los últimos años (Velázquez *et al.*, 2002; Mas *et al.*, 2004).

La tala selectiva y la ganadería extensiva en esta región afectan su estructura, densidad y composición original (Pompa, 2008; Farfán-Gutiérrez *et al.*, 2019). Se prevé que, de mantenerse esta tendencia, para 2025 se habrán deforestado en la región 30 439 ha de selvas, 10 343 ha de bosques y 8 340 ha de matorrales, respecto a 2005. En este escenario, las selvas serían las más afectadas, con una posible pérdida del 25 % de su superficie actual (Sahagún-Sánchez *et al.*, 2011).

Fragmentación y la pérdida de conectividad entre ecosistemas

La fragmentación de los ecosistemas de San Luis Potosí ha sido poco estudiada. Los trabajos desarrollados se enfocan en zonas particulares como la Sierra Madre Oriental (SMO), donde se localizan los principales macizos forestales, que cubren montañas y lomeríos, en las zonas de pendientes más abruptas de la entidad (Reyes-Hernández, 2019). Existe una tendencia general al aislamiento entre los parches de vegetación natural, así como un incremento en el número de fragmentos y el aumento de sus perímetros.

En general, las coberturas asociadas con usos de suelo de origen antrópico muestran un incremento en la superficie y un grado de conectividad mayor. La fragmentación ha propiciado la aparición de un número importante de parches de las distintas cubiertas vegetales, lo que incrementa la heterogeneidad del paisaje. Por otra parte, los índices de conectividad en la región de la SMO dentro de San Luis Potosí se mantienen en niveles que van de medios a altos, con superficies de cubierta vegetal de matorrales, selvas y bosques continuas. Hacia el sureste de la entidad, la tendencia muestra un patrón heterogéneo con una riqueza de fragmentos dispersos, lo que afecta la conectividad y puede repercutir seriamente en la funcionalidad e integridad ecosistémica del corredor biológico. Uno de los ecosistemas más vulnerables de México localizado en la región central de la SMO es el bosque mesófilo de montaña (BMM), también conocido como bosque de niebla. En San Luis Potosí hay ocho relictos diseminados en los municipios de Alaquines, Ciudad del Maíz, El Naranjo, Tamasopo y Xilitla, en altitudes de 1 200 a 1 500 m (Leija-Loredo *et al*., 2011; Fortanelli-Martínez y García-Pérez, 2019; Reyes-Hernández, 2019). Se ha reconocido al BMM o de niebla como uno de los ecosistemas más frágiles debido a que el microclima local se mantiene por el mismo bosque, y por albergar especies paleoendémicas (es decir, especies cuya distribución actual es un remanente de un área mucho más extensa en el pasado), que lo hace uno de los ecosistemas más diversos en relación con el área que ocupa (Challenger, 1998; Reyes-Hernández, 2019).

Asimismo, es hábitat de especies en riesgo señaladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tales como *Ostrya virginiana, Alsophila firma, Marattia weinmanniifolia, Magnolia schiedeana, Ceratozamia mexicana var. latifolia* y *Diospyros riojae* (Fortanelli-Martínez *et al*., 2014). Reyes-Hernández (2019) indica que entre los años 1973 y 2007 se deforestaron 2 870 ha del BMM, y que cinco de estos relictos perdieron más de 50 % de la superficie registrada en 1973; y sólo uno, en el municipio de Alaquines, mantiene 80 % de su superficie anterior.

El BMM es de los ecosistemas con mayor grado de fragmentación en la SMO. Se presenta en forma de rodales y fragmentos pequeños más o menos homogéneos, separados entre sí, con áreas circundantes destinadas al pastoreo (Leija-Loredo *et al*., 2011; Fortanelli-Martínez y García-Pérez 2019). El intenso pastoreo impide que los bancos de semilla en el suelo logren colonizar otras áreas de manera natural, lo que podría promover el restablecimiento del bosque (Reyes-Hernández, 2019). Esto afecta los rebrotes, plántulas y

plantones de las especies dominantes preferidas por el ganado, lo que favorece la dispersión de las especies leñosas y espinosas que a la larga colonizan los terrenos (Challenger, 1998; Reyes-Hernández, 2019), y no permite la recuperación del bosque original en la zona.

Por otro lado, la construcción de la autopista Rioverde-Ciudad Valles, en 2007, también impactó en buena medida los diferentes ecosistemas forestales de las regiones Media y Huasteca, y aceleró los procesos de fragmentación (Reyes-Hernández, 2019). De las 593 ha afectadas por este proyecto, 340 eran coberturas naturales, 97 de bosques, 214 de selvas y 29 de matorrales (Escobar-Carmona, 2013; Reyes-Hernández, 2019).

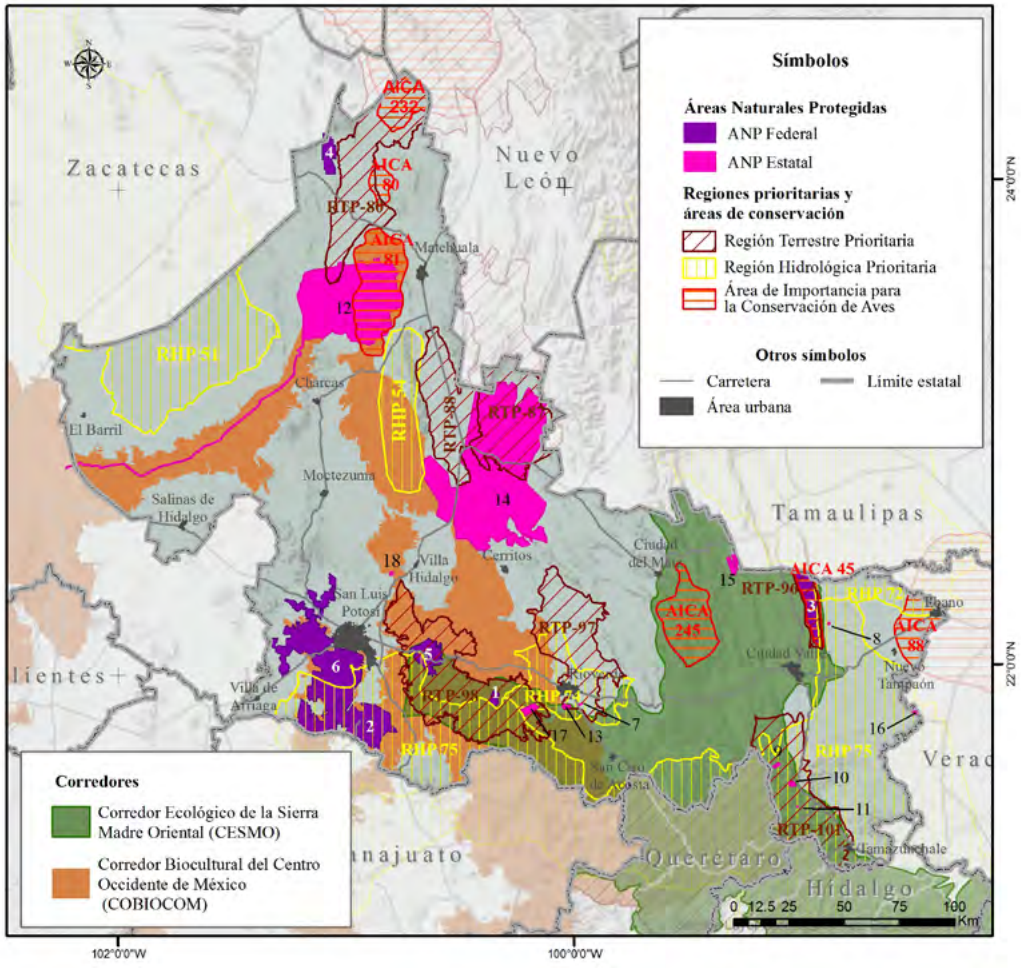
Corredores ecológicos y bioculturales

La deforestación y fragmentación asociadas a las necesidades de desarrollo en el territorio impactan de forma negativa a los ecosistemas naturales de San Luis Potosí, lo cual amenaza su estabilidad y resiliencia para recuperarse de los impactos ambientales a que se someten. Para mitigar los efectos de la fragmentación y pérdida de conectividad, se han propuesto iniciativas que incluyen los conceptos de corredores ecológicos y bioculturales, favorables para impulsar la conectividad de espacios de alto valor ecológico y cultural, en los que se pueden desarrollar actividades económicas con prácticas y técnicas que disminuyen el impacto al ambiente (Undiano-Errejón y Carrasco-Levet, 2019).

La creación de corredores ecológicos o bioculturales favorece el desarrollo de actividades de manejo integrado del paisaje y fortalece las iniciativas de conservación en la región. La posibilidad de incorporar los saberes y las diferentes prácticas culturales asociadas a los grupos de población que habitan la región puede ser de utilidad para la conservación de espacios naturales que se encuentran dispersos en las diferentes regiones del territorio, además de representar una oportunidad única para la conservación de la biodiversidad regional.

En este sentido, la iniciativa del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (figura 12.3), promovida por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas desde 2012 (Cesmo, 2017) y donde participan los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Querétaro, y Veracruz, busca disminuir la presión de transformación en los ecosistemas en la SMO, mediante acciones que promuevan la conectividad ecológica, económica e institucional en un

Figura 12.3. Mapa de las áreas naturales protegidas de carácter federal y estatal; regiones prioritarias terrestres (RTP) e hidrológicas (RHP), así como áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS) y áreas de conservación corredores Cesmo y Cobiocom en San Luis Potosí..



1) Parque Nacional El Potosí, 2) Parque Nacional Gogorrón, 3) Reserva de Biosfera Abra-Tanchipa, 4) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra La Mojonera, 5) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez, 6) Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito, 7) Parque Estatal Palma Larga, 8) Parque Estatal Bosque Adolfo Roque Bautista, 9) Monumento Natural Sótano de las Golondrinas, 10) Monumento Natural Hoya de las Huahuas, 11) Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad, 12) Reserva Estatal del Paisaje Cultural y Sitio Sagrado Wirikuta y Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika, 13) Parque Estatal Manantial de la Media Luna, 14) Reserva Estatal Real de Guadalcázar, 15) Reserva Estatal Sierra del Este y de En Medio, 16) Reserva Estatal Tancojol, 17) Reserva Estatal La Loma, 18) Monumento Natural Joya Honda.

Fuente: Cipamex (1999); Arriaga et al. (2002a); Conabio (2004, 2020); Cesmo (2017); Reforestamos México A.C. (2019); Conanp (2022b). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

contexto de gobernanza ambiental que procure un adecuado manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, por medio de la participación ciudadana y el compromiso de los distintos actores clave para lograr la conservación de los ecosistemas de la SMO y su biodiversidad asociada. Además de la iniciativa del Cesmo, se trabaja en la incorporación de algunas regiones de la entidad al corredor biocultural del Centro Occidente de México (Cobiocom) (figura 12.3), que, en conjunto con los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Zacatecas, permitirá el desarrollo de acciones para conservar la conectividad de los ecosistemas prioritarios en la zona del Altiplano, la región Media y el suroeste de la SMO del estado (Reforestamos México, A. C., 2019.).

Como en el caso del Cesmo, el funcionamiento del Cobiocom se sustenta en el involucramiento y participación de las comunidades para desarrollar las acciones orientadas al manejo integrado del paisaje (Semadet, 2018). Las iniciativas enfocadas en los corredores permiten una aproximación sistémica para la atención a los temas relacionados con la conservación de la biodiversidad en regiones prioritarias, como es el caso de las señaladas en San Luis Potosí. El manejo integrado del paisaje (MIP) es el eje central de dichas iniciativas, y se fundamenta en la gestión con una visión socioecosistémica donde se busca integrar la innovación científica con el conocimiento local y tradicional para generar información de línea base y aplicar metodologías estandarizadas para el monitoreo de la dinámica del paisaje (Semarnat, 2017). Asimismo, se busca generar economías a escala basados en procesos de producción y consumo sustentable y el desarrollo de nuevos esquemas de financiamiento. Además, el MIP se basa en la innovación en los procesos de toma de decisiones mediante un modelo de gobernanza ambiental que fomenta la participación ciudadana y el respecto a los derechos humanos de los pueblos y las comunidades en las regiones (Semarnat, 2017; Monroy, 2020). Por ello, su puesta en marcha puede ser muy útil para lograr un balance entre el aprovechamiento y la conservación de los recursos naturales en las distintas regiones.

Las áreas naturales protegidas y las nuevas oportunidades de conservación

En el mundo, las áreas naturales protegidas (ANP) son consideradas como el mejor instrumento para conservar la biodiversidad y mantener los beneficios que generan los servicios ecosistémicos (Conanp, 2022a). En el estado de San Luis Potosí existen seis ANP de carácter federal que suman una superficie de 197 226.05 ha y representan el 3.2 % de la superficie estatal (figura 3) (véase el capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad"). Además, existen 12 ANP estatales que en conjunto suman una superficie de 402 016.93 ha, lo que representa el 6.6 % de la superficie de la entidad. No obstante, enfrentan grandes desafíos para garantizar su conservación efectiva (Geldmann *et al.*, 2013; UNEP, WCMC, IUCN, 2018).

Por otro lado, en la entidad se han identificado siete regiones terrestres prioritarias (RTP), definidas como espacios físico-temporales que contienen una riqueza de ecosistemas y especies importante y que cuentan con una integridad ecosistémica que favorece el desarrollo de acciones de conservación (Arriaga *et al.*, 2000). Las RTP ocupan una superficie de 955 792.70 ha y resguardan ecosistemas prioritarios presentes en la entidad, que incluyen distintos tipos de bosques, selvas y matorrales. Asimismo, hay influencia de seis regiones hidrológicas prioritarias (RHP) definidas a partir de la diversidad y valor biológico de la cuenca hidrológica y de la consideración de las amenazas sobre los recursos y el potencial para el manejo y conservación (Arriaga *et al.*, 2002b). Dichas RHP corresponden a una superficie de 1 611 166.84 ha (figura 12.3).

Sumado a lo anterior, en al ámbito estatal hay cinco áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS). Estas áreas y sitios se han identificado a partir de los estudios sobre las amenazas que se ciernen sobre las poblaciones de aves terrestres, su distribución geográfica y la cantidad de aves que se congregan en sitios específicos (Conabio, 2015). Las AICAS ocupan una superficie de 293 896.11 ha dentro de la entidad. Por otro lado, existen también sitios Ramsar, que son humedales de importancia internacional considerados entre los ecosistemas más diversos y productivos. Además, los humedales proporcionan servicios esenciales y suministran toda nuestra agua potable y son clave para la conservación de aves acuáticas. Destaca la ciénega de Tamasopo, entre otros sitios que, junto con las AICAS, proveen hábitats para la distribu-

ción de un importante número de especies de aves de las 538 especies que se distribuyen en el estado (García-Trejo *et al.*, 2019).

A estos instrumentos de conservación definidos se han incorporado nuevos esquemas de protección, como el de las áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC), que funcionan como una estrategia adicional para incrementar la superficie de protección de biodiversidad en el territorio y fomentar la conectividad entre los ecosistemas naturales (Semarnat, 2016; Conanp, 2018, 2020; Silva-Aparicio *et al.*, 2018). De esta manera, la conservación voluntaria de tierras de propiedad social y privada se vuelve un componente importante de una estrategia nacional para la protección y el uso sustentable de los recursos naturales (Pérez-Bocanegra *et al.*, 2014).

Actualmente, en San Luis Potosí existen sólo tres ADVC ubicadas en el municipio de El Naranjo, reconocidas durante 2021 y que incluyen 1 171 ha. Además, estudios recientes, como el de Gutiérrez-Hernández *et al.* (2021), han identificado algunos espacios con potencial para ser incorporados bajo esta modalidad en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Las ADVC, y los esquemas y mecanismos que las sustentan, deberán tener una amplia difusión en la sociedad en general y particularmente entre los propietarios de la tierra en las áreas de alto interés para la conservación. Aún existe poco conocimiento del proceso para la gestión, establecimiento, manejo y administración que estos esquemas de conservación pueden ofrecer a sus propietarios. Sin embargo, este tipo de propuestas pueden ser utilizadas como alternativa para la planeación de las acciones de manejo y conservación de los ecosistemas protegidos en ANP y su área de influencia a corto y mediano plazo.

Reflexiones finales

En la actualidad, los procesos de deforestación y degradación de ecosistemas en el estado de San Luis Potosí afectan principalmente a las cubiertas vegetales de matorrales xerófilos, bosque mesófilo de montaña y pastizales. Por otro lado, existe un crecimiento sostenido en las superficies dedicadas a actividades agrícolas que producen fragmentación y pérdida de conectividad, lo que amenaza a la biodiversidad en distintas regiones de la entidad. Se requiere de una intervención urgente en las zonas fragmentadas donde se presentan rema-

nentes de cubiertas de vegetación en buen estado de conservación para evitar el aislamiento de los parches y disminuir el efecto de borde.

Es pertinente fortalecer las iniciativas de los corredores ecológico y biocultural para lograr un manejo integrado del paisaje que atienda a las necesidades de uso sustentable de los recursos por parte de los pobladores en las comunidades y garantice la conservación a largo plazo del patrimonio cultural y biológico. Para ello se deberá trabajar en iniciativas que provean información sobre la susceptibilidad a la deforestación y el estado de conservación de los ecosistemas, para identificar las áreas prioritarias con potencial de ser apoyadas con programas como el de pago por servicios ambientales o mediante su reconocimiento como ADVC, entre otros

Avanzar hacia el manejo integrado del paisaje en la entidad permitirá revertir los procesos de deforestación y degradación, mediante acciones como el desarrollo de sistemas productivos sustentables, la restauración ecológica, la promoción de la participación comunitaria en las tareas de conservación, incluidos el monitoreo y la vigilancia; el desarrollo de capacidades a través de agendas de educación ambiental para la sostenibilidad y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental en el territorio.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Corredores Biológicos y Cuencas de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Gobierno de Jalisco, el uso de las capas de la limitación del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental y Corredor Biocultural del Centro Occidente de México.

Referencias

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (2002a). "Aguas continentales y diversidad biológica de México (regiones hidrológicas prioritarias)". Escala 1:4000000. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/rhpri4mgw.html>.

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer, R. Jiménez, E. Muñoz y E. Vázquez (2002b). "Regiones hidrológicas prioritarias". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>.

Arriaga, L., J. M. Espinoza-Rodríguez, C. Aguilar-Zúñiga, E. Martínez-Romero, L. Gómez-Mendoza y E. Loa-Loza (coords.) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>.

Cesmo (Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental) (2017). "Corredor ecológico de la Sierra Madre Oriental". <http://cesmo.zohosites.com/blogs/>.

Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología / Agrupación Sierra Madre S.C.

Cipamex (1999). "Áreas de importancia para la conservación de las aves, edición 2015. Escala 1:250000". México: Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. Financiado por CONABIO-FMCN-CCA. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/aica250kgw.html>.

Conabio (2020). "Áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas de México, 2020. Edición 1". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anpest20gw.html>.

Conabio (2015). "Áreas de importancia para la conservación de las aves". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>.

Conabio (2004). "Regiones terrestres prioritarias. Escala 1:1000000". México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/rtp1mgw.html>.

Conanp (2022a). "Áreas naturales protegidas decretadas". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm>.

Conanp (2022b). "Datos espaciales de las áreas naturales protegidas federales de la república mexicana, 2022". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Dirección de Evaluación y Seguimiento. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/espacial/shp/SHAPE_anpS.zip>.

Conanp (2020). "Listado de áreas destinadas voluntariamente a la conservación". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Conanp (2018). "Memoria documental: entrega a recepción y rendición de cuentas 2012-2018, advc (Otras modalidades de conservación)". México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Dirzo, R. y M. C. García (1992). "Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico", *Conservation Biology,* núm. 6, pp. 84-90.

Escobar-Carmona, R. (2013). "Impacto en la cubierta vegetal generado por la implementación del proyecto carretero Rioverde-Ciudad Valles", tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

fao (2021). *Evaluación de los recursos forestales mundiales.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

fao (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

fao (1996). *Forest Resources Assessment 1990. Survey of Tropical Forest Cover and Study of Change Process.* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Farfán-Gutiérrez, M., A. P. Cuero-Robayo, G. Rodríguez-Tapia y T. Escalante (2019). "Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo en el periodo 2002-2007", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 121-125.

Flores-Rivas, J. D., R. Mireles-Sánchez, J. A. Flores-Cano, B. M. González-Silva y L. Chapa-Vargas (2008). *Programa estratégico forestal del estado de San Luis Potosí (PEFE-SLP) 2006-2025.* San Luis Potosí: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.

Fortanelli-Martínez, J. y J. García-Pérez (2019). "Bosque de niebla", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. II. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 21.26.

Fortanelli-Martínez, J., J. García-Pérez y P. Castillo-Lara (2014). "Estructura y composición de la vegetación del bosque de niebla de Copalillos, San Luis Potosí, México", *Acta Botánica Mexicana,* núm. 106, pp. 161-186.

García-Trejo, E. A., J. Castro-Navarro, F. J. Sahagún-Sánchez, F. Puebla-Olivares, E. M. Figueroa-Esquivel, L. A. Sánchez-González y A. G. Navarro-Sigüenza (2019). "Aves", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. II. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 243-257.

Geist, H. J. y E. F. Lambin (2002). "Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation", *BioScience,* núm. 52, pp. 143-150

Geldmann, J., M. Barnes, L. Coad, I. D. Craigie, M. Hockings y N. D. Burgess (2013). "Effectiveness of Terrestrial Protected Areas in Reducing Habitat Loss and Population Declines", *Biological Conservation,* núm. 161, pp. 230-238.

Gutiérrez-Hernández, R., F. J. Sahagún-Sánchez, P. Delgado-Sánchez, P. Castillo-Lara, J. Fortanelli-Martínez, H. Reyes-Hernández y J. De-Nova (2021).. "Reevaluación de los bosques tropicales estacionalmente secos de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y áreas con potencial para su conservación", *Botanical Sciences,* vol. 99, núm. 4, pp. 735-751. <https://doi.org/10.17129/botsci.2771>.

Inegi (2016). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie VI (continuo nacional) capa unión". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (2009). "Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie IV (continuo nacional)". México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Leija-Loredo, G., H. Reyes-Hernández, J. Fortanelli-Martínez y G. Palacio Aponte (2011). "Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México", *Investigación y Ciencia*, núm. 53, pp. 3-11.

Loa, L. E., H. M. D. Sánchez, J. J. G. Torres, R. O. C. Rosas y R. M. S. Sierra (2009). *Áreas prioritarias para el manejo y conservación en el estado de San Luis Potosí, México.* México: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos.

Luna-Vega, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.) (2004). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.

Marsh, W. M. y J. Grossa (2005). *Environmental Geography. Science, Land Use and Earth Systems.* Massachusetts: John Wiley and Sons.

Mas, J. F., A. Velázquez, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez-Vega (2004). "Assessing Land Use/Cover Changes: A Nationwide Multidate Spatial Database for Mexico", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* núm. 5, pp. 249-261.

mea (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). Ecosystems and Human *Well-being: Biodiversity Synthesis.* Washington, D. C.: World Resources Institute.

Monroy, J. H. (2020). "Análisis del paisaje de la microcuenca del río Fucha en la ciudad de Bogotá, Colombia. Diagnóstico para el mejoramiento de servicios ecosistémicos", *Investigaciones Geográficas,* núm 101: e59831.

Pérez-Bocanegra, E., M. R. Isaac y A. M. Ayala (2014). "Marco legal y oportunidades de desarrollo de la conservación voluntaria en México", *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 1, núm. 5, pp. 15-27.

Pompa, M. (2008). "Análisis de la deforestación en ecosistemas montañosos del noroeste de México", *Avances en Investigación Agropecuaria,* núm. 12, pp. 35-43.

Reforestamos México A.C. (2019). "Polígono del Corredor Biocultural del Centro Occidente de México (Cobiocom). Proceso de actualización del polígono por Gea Sostenible S.C.". Agosto de 2019.

Reyes-Hernández, H. (2019). "Deforestación y fragmentación de los bosques y selvas", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 139-144.

Reyes-Hernández, H., M. Aguilar Robledo, J. R. Aguirre Rivera e I. Trejo Vázquez (2006). "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000", *Investiga-*

ciones Geográficas, núm. 59, pp. 26-42. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000100003>.

Sahagún-Sánchez, F. J., H. Reyes-Hernández, J. L. Flores-Flores y L. Chapa-Vargas (2011) "Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México", *Journal of Latin American Geography,* núm. 10, pp. 65-86.

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.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 75-130.

Semadet (2018). "Corredor biocultural". Jalisco: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/corredor-biocultural>.

Semarnat (2017). "Visión nacional de manejo integrado del paisaje y conectividad". México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional Forestal / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cobiored/images/2016/VNMIPVersionFINAL.pdf>.

Semarnat (2016). *Prontuario estadístico y geográfico de las áreas naturales protegidas de México.* México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Silva-Aparicio, M., A. E. Castro-Ramírez, G. Castillo-Campos y H. Perales-Rivera (2018). "Estructura de la vegetación leñosa en tres áreas con selva baja caducifolia en el Istmo-Costa de Oaxaca, México", *Revista de Biología Tropical,* núm. 66, pp. 863-879.

Undiano-Errejón, J. A. y G. M. Carrasco-Levet (2019). "Áreas naturales protegidas y otros instrumentos para la conservación", en *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado,* vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 317-337.

unep-wcmc, iucn, ngs (2018). "Protected Planet Report 2018. Tracking Progress Towards Global Targets for Protected Areas". Cambridge: The un Environment World Conservation Monitoring Centre / International Union for Conservation of Nature / National Geographic Society. <https://livereport.protectedplanet.net/pdf/Protected_Planet_Report_2018.pdf>.

Vázquez, L. B., P. Rodríguez y H. T. Arita (2008). "Conservation Planning in a Subdivided World", *Biodiversity and Conservation,* núm. 17, pp. 1367-1377.

Velázquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio (2002). "Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México", *Gaceta Ecológica,* núm. 62, pp. 21-37.

Zemanova, M. A., H. L. Perotto-Baldivieso, E. L. Dickins, A. B. Gill, J. P. Leonard y D. B. Wester (2017). "Impact of Deforestation on Habitat Connectivity Thresholds for Large Carnivores in Tropical Forests", *Ecological Processes,* núm. 6, pp. 1-11.

CAPÍTULO 13
EL MATORRAL SUBMONTANO, UN ENCLAVE DE LA DIVERSIDAD

Joel Flores Rivas
Juan Pablo Ortiz Brunel

La Sierra Madre Oriental es una cadena montañosa con una superficie aproximada de 22 015 066 ha, 11 % del territorio mexicano; es una de las regiones orográficas de tipo sedimentario marino más biodiversas del país (Luna-Vega *et al.*, 2004). La Sierra Madre Oriental es una de las diecisiete provincias florísticas descritas por Rzedowski (1962). Es un archipiélago de islas pertenecientes a la región florística mesoamericana de montaña que comparte las floras de las regiones neártica y neotropical (Estrada *et al.*, 2015) y que alberga poco más de 7 % de las plantas endémicas mexicanas (Villaseñor, 2016).

El territorio de San Luis Potosí está surcado por varias formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental. Hacia el norte, la Sierra de Ahualulco; le siguen otras formaciones, entre las que sobresalen las sierras de Charcas, Coronado y Catorce. En el centro del estado se ubican las sierras de Guadalcázar y Álvarez, que son el parteaguas entre el Altiplano y la Cuenca del río Verde (Inegi, 2002).

Algunas de estas sierras tienen matorral submontano como tipo de vegetación en sus partes bajas o pie de monte. El nombre matorral submontano deriva del "piedmont scrub" de Nuevo León descrito por Muller (1939). Este tipo de matorral se caracteriza por desarrollarse en lomeríos y laderas de montañas por debajo de los 2 000 msnm (Rzedowski, 2006; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2021). Las especies vegetales del matorral submontano poseen hojas más grandes que las de los matorrales xerófilos micrófilos, con especies adaptadas a climas subtropicales que tiran sus hojas durante la temporada seca del año (Salinas-Rodríguez *et al.*, 2021).

Esta vegetación se ubica entre el matorral espinoso tamaulipeco hacia la llanura costera del golfo y los bosques de encino de las laderas más escarpadas de la Sierra Madre Oriental, así como en los cañones estrechos y valles inter-

montanos en las sierras de Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo (Salinas-Rodríguez *et al*., 2021), desplegándose un poco hacia la planicie costera nororiental y hacia el Altiplano Potosino. También se encuentran manchones de matorral submontano en forma algo modificada en los estados de Puebla y Oaxaca (Rzedowski, 2006). Sin embargo, en San Luis Potosí, este matorral tiene una gran variedad de especies en categoría de riesgo que lo hacen particular y lo destaca como patrimonio en el estado.

En el matorral submontano predominan árboles bajos o arbustos altos, originarios de bosques tropicales; tiene elementos comunes con el bosque tropical deciduo y con el bosque espinoso (Rzedowski, 1965; Granados-Sánchez y Sánchez-González, 2003; Huerta-Martínez y García-Moya, 2004; González-Costilla *et al*., 2007; Flores-Rivas *et al*., 2019; Salinas-Rodríguez *et al*., 2022). De los distintos tipos de matorrales xerófilos, el matorral submontano presenta distintas características fisonómicas que lo divide en matorrales altos, medios y bajos (Estrada-Castillón *et al*. 2012).

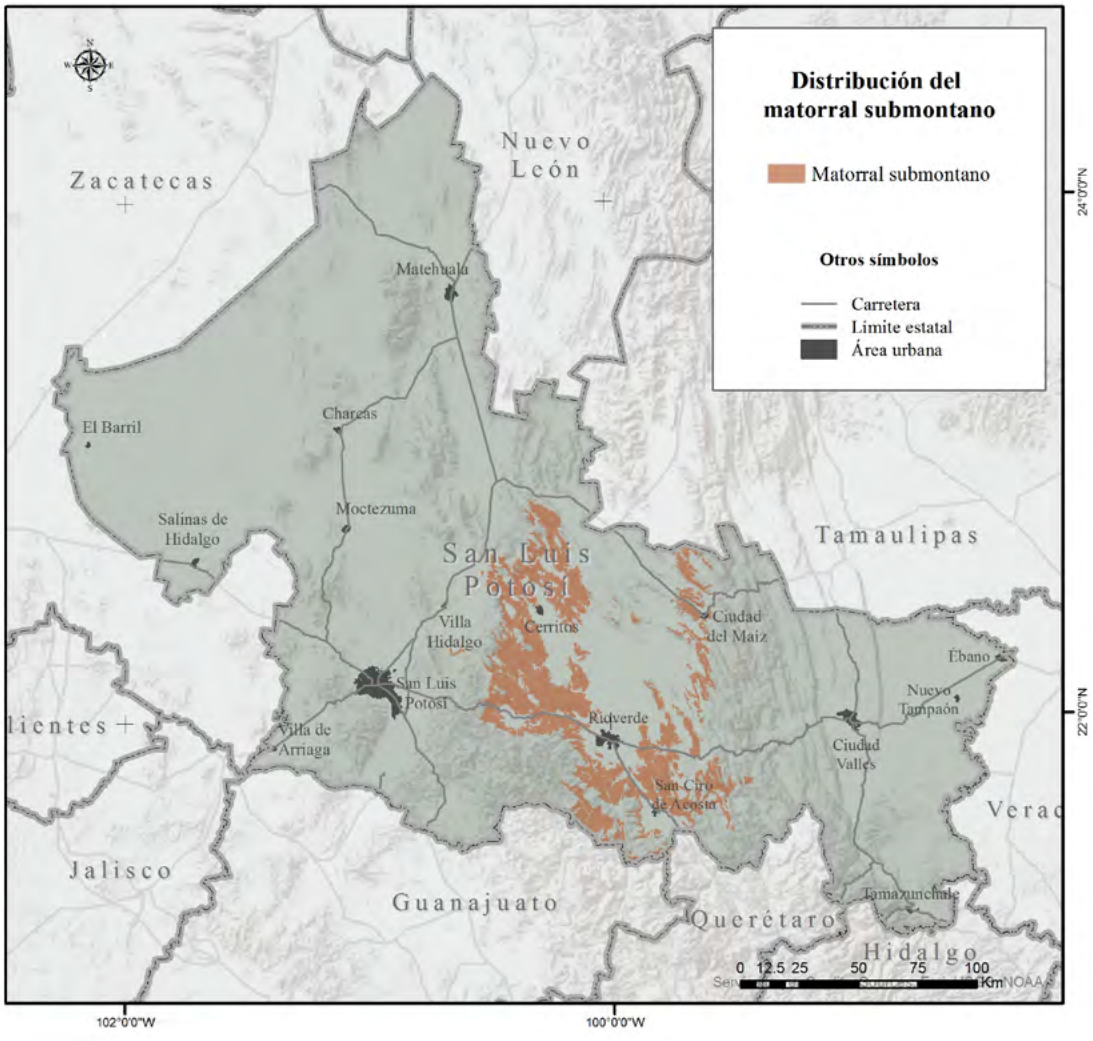
El matorral submontano es un ecosistema rico en especies (Estrada-Castillón *et al*., 2012) y posee mayor riqueza de especies que los tipos de vegetación que le rodean (Torres-Colín *et al*., 2017). Se le encuentra entre el matorral xerófilo en las partes bajas y los bosques de encino-pino de las partes altas de la Sierra Madre Oriental (Canizales-Velázquez *et al*., 2009).

Esa rica transición entre los matorrales desérticos y las comunidades arboladas de sierras y lomeríos bajos de la Sierra Madre Oriental, se extiende en el centro del estado en los municipios de San Nicolás Tolentino, Cerritos, Villa Hidalgo y Armadillo de los Infante (Loa-Loza *et al*., 2009). También existen manchones pequeños en los municipios del Altiplano Potosino al norte del estado, como Guadalcázar (Huerta-Martínez y García-Moya, 2004; Torres-Colín *et al*., 2017) y Catorce (Granados-Sánchez y Sánchez-González, 2003; González-Costilla *et al*., 2007).

En la figura 13.1 se presenta la distribución del matorral submontano en el estado de San Luis Potosí. No se muestran los manchones aislados que se encuentran en Real de Catorce debido a que el área mínima mapeable para la escala de los mapas de vegetación de Inegi de 1:250 000 es de 100 ha, y los manchones de ese municipio son de tamaño más pequeño.

El matorral submontano crece bajo un clima semiárido templado con lluvias en verano y lluvias invernales (BS1kw) (Torres-Colín *et al*., 2017), con

Figura 13.1. Distribución del matorral submontano en San Luis Potosí.



Fuente: Inegi (2016). Edición cartográfica: Roberto C. Monroy Ibarra.

temperatura promedio anual entre 19 y 23° C, y una precipitación promedio entre 450 y 900 mm, con siete meses de secas (Rzedowski, 1965). Este matorral ocupa suelos someros, pues cuando la tierra es profunda lo sustituye el mezquital extradesértico (Rzedowski, 1965).

El estrato superior del matorral submontano está compuesto por especies leñosas de 3 a 6 m de alto, entre las cuales se hallan *Bumelia celastrina* (coma), *Celtis pallida* (granjeno), *Cordia boissieri* (anacahuita), *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce), *Fraxinus greggii* (fresno), *Gochnatia hypoleuca* (ocotillo), *Helietta parvifolia* (barreta), Myrtillocactus geometrizans (garambullo),

Opuntia macdougaliana (nopal), *Senegalia berlandieri* (guajillo), *Stenocereus huastecorum* (pitaya) y *Yucca potosina* (palma), entre otras (Rzedowski, 1965; figura 13.2). Las especies dominantes varían de un lugar a otro; por ejemplo, los matorrales de *Helietta parvifolia* son frecuentes al oeste de la llanura de Rioverde (figura 13.3) (Rzedowski, 1965; Huerta-Martínez y García-Moya, 2004). Hacia el límite altitudinal superior de la formación, a veces se presentan matorrales de *Mimosa leucaenoides* (chaparro prieto) y *Senegalia micrantha* (mezquitillo). En otros lugares domina la *Havardia pallens* (tenaza). También son típicos los matorrales abiertos de esta última especie con *Stenocereus* y *Myrtillocactus*. En el estrato inferior a los 2 m de alto, dominan *Karwinskia mollis* (coyotillo) y *Neopringlea integrifolia* (palo estaca; Rzedowski, 1965).

Figura 13.2. Especies de matorral submontano: a) *Celtis pallida* (granjeno); b) *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce).

Fotos: © plectrudis (cc-by-nc), en naturalista, https://www.naturalista.mx/observations/4432252 (a); Juan Pablo Ortiz Brunel (b).

Usos del matorral submontano

La población local, usa los troncos del estrato superior y dominante, como *Bumelia celastrina, Celtis pallida, Cordia boissieri, Eysenhardtia polystachia, Fraxinus greggii, Gochnatia hypoleuca, Helietta parvifolia* y *Senegalia berlandieri*, para la construcción de cercas y como combustible (Rzedowski, 1965). Los tallos de *Havardia pallens* (figura 13.3) se utilizan para la elaboración de sillas y sillones artesanales en el ejido El Tepozán, municipio de Cerritos (figura 13.4).

Figura 13.3. Especies de matorral submontano: a) *Helietta parvifolia* (barreta) y b) *Havardia pallens* (tenaza).

Fotos: © Paola Garcini (cc-by-nc), en naturalista, https://www.naturalista.mx/observations/17259989 (a); © Tereso Hernández Morales (cc-by), en naturalista, https://www.naturalista.mx/observations/132079982 (b).

Figura 13.4. Silla artesanal elaborada con fibras de *Brahea* sp. y tallos de tenaza (*Havardia pallens*).

Foto: Juan Pablo Ortiz Brunel.

Importancia para la conservación

El matorral submontano del centro y norte del estado de San Luís Potosí ocupa una gran extensión, 4 361 km² (Rzedowski, 1965). Es un ecosistema rico en especies (Canizales-Velázquez *et al.*, 2009; Torres-Colín *et al.*, 2017) y es como un archipiélago que bordea la Sierra Madre Oriental, con su gran diversidad de especies, que incluye más de 7 % de las plantas endémicas mexicanas (Villaseñor, 2016). Es una extensa formación que, gracias a su riqueza de especies, su ubicación y continuidad, es capaz de mover sus límites en respuesta a los cambios ambientales. Su distribución le permite a la flora y la fauna desplazarse tanto altitudinalmente como a través del centro y norte del estado.

Como muestra de la importancia de su diversidad, se puede citar que es parte de la ruta de migración de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) (Loa-Loza *et al.*, 2009) y es hábitat del puma (*Puma concolor*) y del jaguar (*Panthera onca*) (Loa-Loza *et al.*, 2009; Villordo-Galván *et al.*, 2010). Algunas de sus especies de cactáceas están amenazadas por la colecta ilegal y

el cambio de uso del suelo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010). De los 76 taxones de cactáceas en categoría de riesgo del estado de San Luis Potosí (Flores Rivas, 2019), al menos 25 tienen su hábitat principal en el matorral submontano (cuadro 13.1). Entre estos taxones, nueve son endémicos del estado: dos especies (*Turbinicarpus laui* —figura 13.5— y *Turbinicarpus saueri* subsp. *knuthianus*) y siete infraespecies de *Turbinicarpus schmiedickeanus* (*T. schmiedickeanus* subsp. *andersonii, T. schmiedickeanus* subsp. *bonatzii, T. schmiedickeanus* subsp. *flaviflorus, T. schmiedickeanus* subsp. *klinkerianus, T. schmiedickeanus* subsp. *macrochele, T. schmiedickeanus* subsp. *rioverdensis* y *T. schmiedickeanus* subsp. *schwarzii*).

Figura 13.5. *Turbinicarpus laui*, especie bajo protección especial endémica de San Luis Potosí.

Foto: Juan Pablo Ortiz Brunel.

Cuadro 13.1. Especies del matorral submontano que están ubicadas en alguna categoría de riesgo según la nom-059-Semarnat-2010

Nombre científico	*Autoridad*	*Categoría de riesgo*	*Endémica estatal*
Ariocarpus fissuratus subsp. *bravoanus*	H.M. Hern. & E.F. Anderson 1992	P	
Ariocarpus fissuratus subsp. *hintonii*	(Stuppy & N.P.Taylor) Halda 1998	P	
Ariocarpus retusus	Scheidw. 1838	Pr	
Astrophytum myriostigma	Lem. 1839	A	
Coryphantha glanduligera	(Otto & A.Dietr.) Lem. 1868	A	
Echinocactus platyacanthus	Link & Otto 1827	Pr	
Epithelantha micromeris	(Engelm.) F.A.C.Weber ex Britton & Rose 1922		
Epithelantha micromeris subsp. *bokei*	L.D. Benson 1969	A	
Ferocactus histrix	(DC.) G.E.Linds. 1955	Pr	
Ferocactus pilosus	(Galeotti ex Salm-Dyck) Werderm. 1933	Pr	
Mammillaria pilispina	J.A.Purpus 1912	Pr	
Mammillaria schiedeana subsp. *dumetorum*	(J.A. Purpus) Glass & R.A. Foster 1981	Pr	
Turbinicarpus beguinii	(N.P.Taylor) Mosco & Zanovello 1997	Pr	
Turbinicarpus laui	Glass & R.A.Foster 1975	Pr	X
Turbinicarpus pseudopectinatus	(Backeb.) Glass & R.A. Foster 1977	Pr	
Turbinicarpus saueri knuthianus	(Boed.) Lüthy 2001	Pr	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *andersonii*	Mosco 1999	P	X

Nombre científico	*Autoridad*	*Categoría de riesgo*	*Endémica estatal*
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *bonatzii*	G. Frank 1992	A	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *flaviflorus*	(G. Frank & A.B. Lau) Glass & R.A. Foster 1979	A	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *klinkerianus*	(Backeb. & W. Jacobsen) Glass & R.A. Foster 1977	Pr	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *macrochele*	(Werdermann) N.P. Taylor 1998	A	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *rioverdensis*	(G. Frank) Lüthy 1999	P	X
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *schmiedickeanus*	(Boed.) Buxb. & Backeb. 1937	A	
Turbinicarpus schmiedickeanus subsp. *schwarzii*	(Shurly) N.P. Taylor 1998	A	X
Turbinicarpus viereckii subsp. *major*	(Glass & R.A. Foster) Glass 1997	Pr	

A = Amenazada, P = En peligro de extinción, Pr = Bajo protección especial.

Fuente: Sotomayor *et al*. (2004), Arredondo y Sotomayor (2009), Villavicencio-Gutiérrez *et al.* (2010), Hernández y Gómez-Hinostrosa (2015).

Loa-Loza *et al*. (2009) propusieron la creación del "Corredor Biológico Matorral Submontano y Rosetófilo" entre los municipios de Armadillo de los Infante, Cerritos, San Nicolás Tolentino y Villa Hidalgo, con una extensión de 37 174.38 ha, por sus especies endémicas, alta biodiversidad y elevado número de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001. Sin embargo, hasta la fecha no se le ha declarado como área natural protegida.

Principales amenazas

Loa-Loza *et al*. (2009) enumeran los diversos impactos ambientales que amenazan la diversidad y distribución del matorral submontano: instalación de empresas que se dedican a la explotación de recursos naturales no renovables, con alto impacto ambiental; el sobrepastoreo, la cacería de subsistencia y los incendios forestales.

El impacto de las actividades humanas en el matorral es variable y depende de su cercanía a los asentamientos humanos y del sustrato geológico donde se encuentra. Cuando se trata de roca madre caliza, tanto el agua como las herbáceas son escasas, lo cual limita el aprovechamiento ganadero. En cambio, cuando el sustrato es ígneo, el agua superficial es más abundante y hay más vegetación herbácea, circunstancia que lo vuelve más proclive para la ganadería (Rzedowski, 1965).

Aunque sus especies dominantes no forman troncos de grosor que justifique su uso como madera, las zonas de matorral submontano que se localizan alrededor de los poblados son taladas para extraer leña, hacer cercas y combustible (Rzedowski, 1965). La colecta ilegal y el cambio de uso del suelo han ocasionado que varias cactáceas se encuentren en alguna de las categorías de riesgo. Sahagún-Sánchez *et al*. (2011) reportan que entre los tipos de vegetación más propensos a la deforestación en el estado de San Luis Potosí se incluyen 9 200 ha de matorral submontano. Como resultado, la superficie estatal del matorral submontano disminuyó 5.8 % entre 1960 y 2000; de 4 361 km² en 1960 (Rzedowski, 1965) a 4 107 km² en 2000, debido al cambio de uso del suelo (Palacio-Prieto *et al*., 2000; Flores *et al*., 2008).

Oportunidades o acciones de conservación

El matorral submontano es una formación vegetal crucial para mantener la biodiversidad y la estructura del paisaje en el norte y centro del estado. Es un reservorio de especies y es un corredor eficiente para su movimiento. El matorral submontano se encuentra dentro del Corredor Biológico Matorral Submontano y Rosetófilo, una de las 22 áreas prioritarias para su conservación en el estado, por poseer alta diversidad biológica (Loa-Loza *et al*., 2009). Además, parte de este tipo de vegetación está protegido en la Reserva Estatal Real de Guadalcázar (Flores *et al*., 2008). Sin embargo, aún no existen actividades que promuevan la conservación en estos sitios.

Es necesario conocer mejor las condiciones biofísicas del matorral, la riqueza y estructura de las comunidades que lo forman, y su vinculación con otras formaciones; es decir, su influencia en el paisaje. También, conocer más acerca del movimiento de las especies de animales y plantas en el territorio y en el tiempo, para entender sus potencialidades para mantener el paisaje.

Conclusiones

En el territorio de San Luis Potosí, el matorral submontano se sitúa en el área de escurrimiento de las montañas, en el pie de monte, de la Sierra Madre Oriental. En general, mantiene una humedad ambiental mayor que la de los otros tipos de matorral que lo rodean, lo cual, aunado a su distribución, que, aunque en forma de archipiélago, es continua y le permite facilitar el desplazamiento de la flora y la fauna desde la parte baja hacia arriba en las montañas y viceversa, así como a través del centro y norte del territorio, siguiendo su extensión en forma de herradura (figura 13.1).

Estas características, aunadas a la gran diversidad biológica descrita antes, hacen que el matorral submontano sea un protagonista muy prominente del paisaje potosino, al actuar como sitio de refugio temporal de especies y como fuente de especies nativas para la regeneración de bosques tropicales, bosque tropical deciduo y el bosque espinoso (Rzedowski, 1965; Granados-Sánchez y Sánchez-González, 2003; Huerta-Martínez y García-Moya, 2004; González-Costilla *et al.*, 2007).

Recomendaciones

Sería conveniente realizar estudios ecológicos de individuos, poblaciones y comunidades de especies en categorías de riesgo. En lo individual, es importante realizar estudios ecofisiológicos de la tolerancia de las semillas, plántulas y plantas adultas al estrés abiótico. En cuanto a la poblacional, son importantes los estudios demográficos para determinar los factores que delimitan el crecimiento poblacional y los niveles adecuados de extracción de individuos para realizar un manejo sostenible. Sería importante realizar estudios de cultivo de tejidos que permitiera la reproducción de especies de interés comercial e impulsar la creación de UMA donde haya control de los recursos por parte de la propia población.

En las comunidades, se requieren estudios de interacciones de las cactáceas con sus plantas nodriza y con otros organismos, como polinizadores, dispersores de semilla, plantas nodriza y herbívoros. También es importante conocer la interacción de estas especies con microorganismos que les pueden ayudar al crecimiento y desarrollo, como bacterias y hongos.

Es importante encontrar alternativas para uso de leña y reducir la obtención de ésta directamente del matorral submontano. Se pueden establecer alrededor de los poblados siembras de especies que sirvan para obtener leña.

Referencias

Arredondo, A. y J. M. Sotomayor (2009). Cactáceas en categoría de riesgo del estado de San Luis Potosí. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Acuícolas y Pecuarias.

Canizales-Velázquez, P. A., E. Alanís-Rodríguez, R. Aranda-Ramos, J. M. Mata-Balderas, J. Jiménez-Pérez, G. Alanís-Flores, J. I. Uvalle-Sauceda y M. G. Ruiz-Bautista (2009). "Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México", Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, núm. 15, pp. 115-120.

Estrada, A. E., J. R. Arévalo, J. A. Villarreal, M. M. Salinas Rodríguez, J. A. Encina-Domínguez, H. González Rodríguez y C. M. Cantú Ayala (2015). "Classification and Ordination of Main Plant Communities Along an Altitudinal Gradient in the Arid and Temperate Climates of Northeastern Mexico", The Science of Nature, núm. 102. <https://doi.org/10.1007/s00114-015-1306-3>.

Estrada-Castillón, E., J. A. Villarreal-Quintanilla, E. Jurado-Ybarra, C. Cantú-Ayala, M. A. García-Aranda, J. Sánchez-Salas, J. Jiménez-Pérez y M. Pando-Moreno (2012). "Clasificación, estructura y diversidad del matorral submontano adyacente a la planicie costera del Golfo Norte en el noreste de México", Botanical Sciences, núm. 90, pp. 37-52.

Flores-Rivas, J. D. (2019). "Cactáceas en categoría de riesgo", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. ii. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 122-125.

Flores, J. D., R. Mireles-Sánchez, J. A. Flores-Cano, B. M. González-Silva y L. Chapa-Vargas (2008). Programa Estratégico Forestal del Estado de San Luis Potosí (pefe-slp) 2006-2025. San Luis Potosí: Instituto Potosino de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

Flores-Rivas, J. D., H. M. Ramírez-Tobías, C. González-Salvatierra, P. Delgado-Sánchez, A. Ponce-Bautista y J. L. Aragón-Gaastelum (2019). "Matorral submontano", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de

estado, vol. ii. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 55-57.

González-Costilla, O., J. Giménez de Azcárate, J. García-Pérez y J. R. Aguirre-Rivera (2007). "Flórula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes", Acta Botánica Mexicana, núm. 78, pp. 1-38.

Granados-Sánchez, D. y A. Sánchez-González (2003). "Clasificación fisonómica de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de un gradiente altitudinal", Terra Latinoamericana, núm. 21, pp. 321-332.

Hernández, H. M. y C. Gómez-Hinostrosa (2015). Mapping the Cacti of Mexico. Their Geographical Distribution Based on Referenced Records. Part ii. Mammillaria. Succulent Plant Research. Milborne Port, Inglaterra: DH Books.

Huerta-Martínez, F. y E. García-Moya (2004). "Diversidad de especies perennes y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: implicaciones para la conservación", Interciencia, núm. 29, pp. 435-441.

Inegi (2016). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000 serie vi (continuo nacional) capa unión. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (2002). Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí 2002. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Loa-Loza, E., M. F. Sánchez-Hermosillo, J. G. Torres-Jiménez, O. C. Rosas-Rosas y M. S. Sierra-Rivera (coords.) (2009). Áreas prioritarias para el manejo y conservación en el Estado de San Luis Potosí, México. San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos.

Luna-Vega, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.) (2004). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.

Muller, C. H. (1939). "Relations of the Vegetation and Climatic Types in Nuevo Leon, Mexico", American Midland Naturalist, núm. 21, pp. 687-729.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, A. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González (2000). "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Na-

cional 2000", Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, núm. 43, pp. 183-203.

Pequeño-Ledezma, M. Á., E. Alanís-Rodríguez, V. M. Molina-Guerra, A. Collantes-Chávez-Costa y A. Mora-Olivo (2021). "Estructura y diversidad de un matorral dominado por Helietta parvifolia (A. Gray ex Hemsl.) Benth", Revista Mexicana de Ciencias Forestales, núm. 12, pp. 88-113.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", Acta Científica Potosina, núm. 5, pp. 5-291.

Rzedowski, J. (1962). "Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México I. Algunas consideraciones acerca del elemento endémico en la flora mexicana", Boletín de la Sociedad Botanica de México, núm. 27, pp. 52-65.

Sahagún-Sánchez, F. J., H. Reyes-Hernández, J. L. Flores-Flores y L. Chapa-Vargas (2011). "Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México", Journal of Latin American Geography, núm. 10, pp. 65-86.

Salinas-Rodríguez, M. M., L. Hernández-Sandoval, P. Carrillo-Reyes, H. A. Castillo-Gómez, A. Castro-Castro, E. Estrada-Castillón, D. S. Figueroa-Martínez, I. N. Gómez-Escamilla, M. González-Elizondo, J. S. Gutiérrez-Ortega, J. Hernández-Rendón, G. Munguía-Lino, J. A. De-Nova, J. P. Ortiz-Brunel, G. Rubio-Méndez, E. Ruiz-Sánchez, C. Sánchez-Sánchez, T. N. Sandoval-Mata, R. Soltero-Quintana, V. Steinmann, A. S. Valencia y S. Zamudio-Ruiz (2022). "Diversidad de plantas vasculares de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México", Botanical Sciences, núm. 100, pp. 469-492.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2010). "Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo", Diario Oficial de la Federación, segunda sección, jueves 30 de diciembre de 2010.

Sotomayor, M., A. Arredondo-Gómez, F. R. Sánchez-Barra y M. Martínez-Méndez (2004). The Genus Turbinicarpus in San Luis Potosi. Venegono, Italia: Cactus & Co.

Torres-Colín, R., J. G. Parra, A. Lucero , M. P. Ramírez, C. Gómez-Hinostrosa, R. T. Bárcenas y H. M. Hernández (2017). "Flora vascular del municipio de Guadalcázar y zonas adyacentes, San Luis Potosí, México", Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 88, núm. 3, pp. 524-554. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.003>.

Villaseñor, J. L. (2016). "Checklist of the Native Vascular Plants of Mexico", Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 87, núm. 3, p. 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.

Villavicencio-Gutiérrez, E. E., A. Arredondo-Gómez, M. A. Carranza-Pérez, O. Mares-Arreola, S. Comparán-Sánchez y A. González-Cortés (2010). Cactáceas ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México. Saltillo: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Acuícolas y Pecuarias.

Villordo-Galván, J. A., O. C. Rosas-Rosas, F. Clemente-Sánchez, J. F. Martínez-Montoya, L. A. Tarango-Arámbula, G. Mendoza-Martínez, M. D. Sánchez-Hermosillo y L. C. Bender (2010). "The Jaguar (Panthera onca) in San Luis Potosi, Mexico", The Southwestern Naturalist, vol. 55, núm. 3, pp. 394-402.

RETOS Y OPORTUNIDADES

CAPÍTULO 14
HACIA DÓNDE VAMOS

Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola
José Alfredo Ramos
Lorena Elisa Sánchez Higueredo
Janete Morán Ramírez
Arturo De-Nova
Joel Flores Rivas
Roberto C. Monroy Ibarra

Los capítulos que forman este volumen, titulado *San Luis Potosí: el paisaje,* dan una visión de la situación actual del ambiente, de los paisajes y los recursos naturales de San Luis Potosí. Es un panorama que permite identificar las principales amenazas actuales y futuras, y proponer algunas alternativas para enfrentarlas, enfocadas en la conservación y el manejo de la diversidad biológica, vinculada con la diversidad cultural, con el fin de contribuir al bienestar de los potosinos. Es una pretensión audaz; sin embargo, lo permiten la calidad de las contribuciones, las propuestas y las reflexiones hechas por los autores.

Reiteramos que el territorio de San Luis Potosí tiene una diversidad biológica propiciada por estar en la zona de transición (Halffter y Morrone, 2017) entre la región templada neártica y la región neotropical en que se divide el continente americano. Ello favorece la continua migración de las especies de plantas y animales y enriquece las interacciones entre ellas.

El escenario ambiental del estado ha cambiado contantemente en el transcurso de una larga historia de cambios geológicos, de eventos naturales; y desde hace aproximadamente 10 000 años, del manejo de los recursos naturales propiciado por los asentamientos humanos. Los cambios han influido en la distribución y abundancia de las especies, que poco a poco se han acoplado entre sí formando un paisaje que posee el potencial para amortiguar los efectos de los grandes y pequeños cambios que ocurren en el territorio: relieve, substrato,

clima; o en la flora y fauna provocados por los fenómenos naturales, frecuentes u ocasionales, como huracanes y sismos. Este potencial, dicho sea de paso, pudo haber sido reconocido como una ventaja por los grupos humanos que colonizaron su territorio, que lo emplearon para manejar el paisaje con fines agrícolas y de caza y recolección (véase el capítulo 1, "El paisaje potosino").

En general, se emplearon distintas categorías para evaluar la situación que guarda la biodiversidad en el territorio como vegetación, tipos de vegetación y ecosistemas. El más empleado por los botánicos es el de los tipos de vegetación. Es el descriptor más común debido a la facilidad para identificar con base en la fisionomía peculiar de cada uno, y en la composición de especies relativamente estable, cuando menos en el corto plazo. El término *vegetación* se refiere a la extensión de la cubierta vegetal y a su condición de primaria o natural, secundaria o en descanso y agrícola. El término *ecosistema* se usa cada vez más para vincular la vegetación y los tipos de vegetación, acudiendo al conjunto de especies animales y vegetales que coexisten e interactúan; también se le emplea como sinónimo de paisaje. Sin desdeñar el uso de los distintos términos, en esta obra hemos procurado emplear el término *paisaje* por considerarlo como la organización más avanzada de la biodiversidad, modelada a lo largo del tiempo por los cambios biofísicos que ocurren en el territorio, tanto de origen natural como antrópico.

Uno de los resultados de la historia del ensamble de especies del paisaje es su capacidad de regeneración natural, la cual se percibe cuando una perturbación altera la composición, distribución e importancia de las especies que lo integran. Su conformación depende de la disponibilidad de especies antes, durante y después de la perturbación. La disponibilidad de especies, a su vez, depende de la capacidad de las plantas y animales para transitar entre tipos de vegetación, ecosistemas y regiones, así como de sus posibilidades para mantenerse latentes a lo largo del tiempo. El resultado es la recuperación o regeneración del paisaje.

Los recursos naturales de San Luis Potosí han sido utilizados por largo tiempo desde la colonización del territorio, continuando con la colonización europea que inició el cambio de uso del suelo. Este cambio se produjo mediante la introducción de especies de plantas y animales que crearon las condiciones previas para el modelo de producción extensiva e intensiva de especies comerciales (monocultivos) que ahora predomina, y que incrementa la tasa de deforestación y de fragmentación. Un ejemplo de cómo esto ha ocurrido es la

caña de azúcar, que además de provocar una creciente deforestación y pérdida de cobertura vegetal, utiliza grandes cantidades de agua y agroquímicos que contaminan el agua, el aire y el suelo.

El modelo de explotación de los recursos naturales y sus consecuencias ambientales se destacaron en los últimos años. Las condiciones creadas por la pandemia del Covid-19 y las epidemias se convirtió en pandemia en unos cuantos meses debido a la globalización de la economía y al rápido crecimiento de los núcleos de población urbana, que pusieron en entredicho el concepto y los logros del bienestar humano. Resaltaron súbitamente la fragilidad, la inconsistencia y el sesgo social de la producción y del acceso diferencial que tienen los distintos sectores sociales a los alimentos, la salud, y la educación, y mostró que la población ni dispone ni tiene acceso a los medios necesarios y a las previsiones para enfrentar las causas y consecuencias de un evento global, a escala local o regional (Guevara, 2021).

Las medidas prioritarias para atender el deterioro social son la producción de alimentos básicos y el fortalecimiento de un sistema de salud. Sin embargo, hasta ahora, la alternativa a que sigue recurriéndose para aumentar la producción de alimentos consiste en recuperar y revitalizar el modelo económico de producción y consumo prevaleciente, basado en la producción industrial de unas cuantas especies en monocultivos, empleando grandes cantidades de insumos químicos y usando cantidades crecientes de agua. Las consecuencias de esta estrategia son:

1. Producción de grandes cantidades de un reducido número de especies de plantas y animales de demanda mundial (monocultivos) para consumo nacional y para exportación, en detrimento de la producción agrícola de especies locales y regionales, lo que amenaza la seguridad alimentaria.
2. El aumento de la producción de monocultivos requiere ineludiblemente de cada vez mayores extensiones para cultivar.
3. El monocultivo amenaza la cubierta forestal al aumentar su deforestación y fragmentación.
4. La sustitución de los procesos naturales del suelo con agroquímicos que se acumulan, disminuyen la calidad del agua dulce, salobre y marina.
5. Una rápida e intensa alteración del hábitat de especies silvestres y cultivadas, así como la desarticulación de los ciclos y procesos ecológicos de la renovación natural.

6. La consecuencia más dramática es que todo esto contribuye a una simplificación irreversible de la diversidad biológica natural, rural y cultural (pérdida del conocimiento tradicional y vernáculo) (Guevara, 2021).

Con esta política económica, el estado neoliberal abandonó la perspectiva del bienestar de la población. Se desecharon los precios de garantía de los granos básicos, se redujo la inversión pública en el sector agrícola, se mantuvieron por un tiempo los subsidios a ganaderos y, hoy en día, el único cultivo que recibe subsidios es la caña de azúcar. Como ejemplo de ello, Ribeiro Palacios *et al*. (2019) hacen una descripción de los impactos que estas políticas tuvieron en San Luis Potosí, en la región citrícola de la Huasteca sur potosina, en la cuenca Palzoquillo, y en la transformación de la agricultura de temporal en el Altiplano.

Las diferencias entre las regiones económicas en que se divide San Luis Potosí han propiciado variantes del desarrollo. El paisaje de cada provincia biogeográfica y fisiográfica en que se divide San Luis Potosí es diferente como resultado de los diversos eventos geológicos de tipo orogénico y de la actividad ígnea, que han ocurrido durante su evolución geológica, que modificó la recarga y el sistema de redes de flujo de agua subterránea. Las características de cantidad y calidad del agua subterránea también condicionan las actividades socioeconómicas de cada región (cuadro 14.1).

Cuadro 14.1. Características y condiciones prevalecientes en las cuatro regiones económicas en que se divide el territorio del estado de San Luis Potosí

Región Altiplano	*Región Centro*	*Región Media*	*Región Huasteca*
Porcentaje de superficie con respecto al estado y número de municipios			
46.3 % (15 municipios)	15.6 % (12 municipios)	19.4 % (11 municipios)	18.4 % (20 municipios)
Número total de habitantes			
346 904 (12%)	1 481 615 (53 %)	715 754 (25 %)	277 982 (10 %)
Localidades urbanas / (Localidades rurales)			
15 (1 327)	17 (1 364)	23 (2 900)	9 (899)
Población urbana / (Población rural)			
185 353 (161 551)	1 262 179 (219 436)	293 167 (422 587)	156 107 (121 875)
Porcentaje del PIB estatal			
7 %	71.50 %	7.90 %	13.60 %
Elevación (msnm)			
1 400 a 2 800	1 600 a 3 100	800 a 1 300	100 a 1 180
Climas			
Predomina el clima seco, y semiseco y muy seco hacia el sur; una pequeña zona con clima semiseco, templado y semifrío en la sierra.	Predomina clima seco y semiseco; hay muy seco hacia el norte y algo de clima templado hacia la sierra.	Predomina clima seco y semiseco; hay clima semicálido hacia el sur y en la colindancia con la Huasteca, y algo de clima templado hacia la sierra.	Cálido y semicálido.
Precipitación anual (mm)			
300 a 500	menores a los 500	400 a 700	1 800 a 2 000
Acuíferos y agua subterránea			
Agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento, enriquecida en cloruros y sulfatos. No existen grandes acuíferos y la baja precipitación no contribuye a su recarga.	Hay un acuífero somero o freático formado por depósitos aluviales, en la parte central de los valles. El acuífero profundo explotado por pozos que alcanzan profundidades de hasta 350 m de agua enriquecida en bicarbonatos y sodio, sistema acuífero más importantes del estado. La recarga no es favorable en la zona centro. Valle de los Fantasmas hacia el Valle de San Luis Potosí funciona como barrera hidrológica.	Un acuífero somero libre y un acuífero profundo semiconfinado y confinado, agua rica en sulfatos.	Zona de descarga regional que da origen a la surgencia del agua subterránea en forma de manantiales (paisaje kárstico en la Huasteca Alta). Huasteca Baja, los acuíferos se encuentran confinados, la región es drenada por importantes cuerpos de agua superficiales.
Flujos de agua			
Es posible encontrar principalmente flujos locales debido a que el subsuelo que lo forma está constituido por rocas de permeabilidad baja.	No existen grandes escurrimientos superficiales.	El flujo local pertenece al acuífero somero y el flujo intermedio pertenece a el acuífero profundo. Son escasos los ríos. El agua subterránea es muy importante y hay numerosos manantiales.	Sistemas de flujo local, intermedio y regional.

Región Altiplano	*Región Centro*	*Región Media*	*Región Huasteca*
Tipo de agua			
Clorurada sódica, sulfatada cálcica, por procesos de evaporación.	Bicarbonatada sódica, flúor en algunas zonas.	Sulfatada cálcica, bicarbonatada cálcica, bicarbonatada sódica.	Sulfatadas cálcicas (Huasteca Alta) y bicarbonatadas cálcicas (Huasteca Baja).
Actividades mineras			
Importante actividad minera (metálicos sobre todo y algunos de extracción no metálicos): oro, plata, cobre, plomo, zinc, antimonio y mercurio, azufre, fosforita, arcilla, y mercurio, halita, litio, potasio, y boratos, ónix, mármol y barita.	Yacimientos no metálicos-grava, arena, limolita, arcilla y caliza, toba o cantera; algo de minerales metálicos.	Minas de yeso, grava-arena-caliza, algo de minerales de origen hidrotermal.	Petróleo, hidrocarburos sólidos -gilsonita y fosforita, principales minas de minerales no metálicos y bancos de material.
Calidad del agua			
Excesivamente contaminada			
4.50 %	0.90 %	31.20 %	13.80 %
Fuertemente contaminada			
14 %	1.30 %	2.50 %	22.40 %
Agua contaminada			
56.70 %	22.40 %	26.10 %	6.90 %
Levemente contaminada			
21 %	50.90 %	21 %	12.10 %
Aceptable			
3.20 %	19.30 %	11.50 %	8.60 %
Excelente calidad			
0.60 %	5.20 %	7.60 %	36.10 %
Causas de mala calidad de agua			
Actividad antropogénica (minería- arsénico).	Actividad antropogénica (industria manufacturera, poblados y agricultura), retorno de riego y salinización de suelos.	Contaminada a excesivamente contaminada interactuado con yesos.	Fuertemente contaminada a contaminada está asociada con sulfatos y nitratos y antropogénica (poblaciones).
Vegetación en las ANP (Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos, 2012)			
Matorral crassicaule, matorral micrófilo espinoso, matorral micrófilo sin espinas, pastizal, matorral rosetófilo, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino.	Matorral crassicaule, matorral micrófilo espinoso, matorral micrófilo sin espinas, pastizal, matorral rosetófilo, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino.	Matorral crassicaule, matorral micrófilo espinoso, matorral micrófilo sin espinas, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, matorral submontano, vegetación secundaria, humedales.	Bosque de encino, bosque de pino, selva mediana, selva baja, matorral submontano.
ANP y sitios Ramsar			
1) Reserva Estatal Real de Guadalcázar, 2) Sitio Sagrado Natural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika, 3) Área de Protección de Fauna y Flora Sierra La Mojonera.	1) Monumento Natural Joya Honda, 2) Parque Nacional Gogorrón, 3) Área de Protección de Fauna y Flora Sierra de Álvarez, 4) Área de Protección de Fauna y Flora Sierra de San Miguelito.	1) Parque Estatal Manantial de la Media Luna, 2) Parque Estatal Palma Larga, 3) Reserva Estatal La Loma, 4) Reserva Estatal Real de Guadalcázar, 5) Parque Nacional El Potosí (0.13%), Sitio Ramsar Ciénaga de Tamasopo.	1) Monumento Natural Cuevas del Viento y la Fertilidad, 2) Monumento Natural Hoya de las Huahuas, 3) Monumento Natural Sótano de las Golondrinas, 4) Parque Estatal Bosque Adolfo Roque Bautista, 5) Reserva Estatal Sierra del Este y de Enmedio, 6) Reserva Estatal Tancojol, 7) Reserva de Biosfera Sierra del Abra Tanchipa. Porción boscosa (Xilitla) como propuesta. Sio Ramsar Arroyos y manantiales de Tanchachín.

Región Altiplano	*Región Centro*	*Región Media*	*Región Huasteca*
Porcentaje de superficie de ANP con relación a la región			
14.26 %	16.87 %	2.14 %	0.66 %
Porcentaje de superficie de ANP en relación con el estado			
6.63 %	2.64 %	0.39 %	0.13 %
Afectaciones en ANP por actividades agropecuarias (Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos, 2012).			
Mojonera (10.9 %, sobre todo pastoreo), Wiricuta (0.9 %), Real de Guadalcázar (12.8 %), presencia de deshechos de minería, hay poca población viviendo en su interior.	Sierra de Álvarez (6 %), Gogorrón (26.9 %), presa de San José (21.7 %), ejido San Juan de Guadalupe (1.5 %). No se tienen datos para Joya Honda ni Sierra de San Miguelito. Poca población en su interior.	El Potosí (0 %), Media Luna (74.8 %), Palma Larga (57.4 %). No se tienen datos para La Loma. Muy poca población viviendo en las ANP.	Sierras de Enmedio y del Este (1.6 %), Sótano de las Golondrinas (0.2 %), Cuevas del Viento y Sótano de las Huahuas (0 %), Adolfo Roque Bautista (1.6 %), Tancojol (0.3 %), Abra Tanchipa (1.7 %) y porción boscosa de Xilitla (0.3 %). Es en esta región es donde más población vive en las ANP.
Desastres			
Sequías	Sequías	Sequías	Lluvia-inundaciones
Nevadas-heladas-granizadas	Nevadas-heladas-granizadas	Nevadas-heladas-granizadas	Sequías
Lluvias-inundaciones	Lluvias-inundaciones	Lluvias	Temperaturas extremas, Ciclones tropicales, Plaga de langosta

En el Altiplano habita 12 % del total de los potosinos, aunque abarca casi la mitad del estado. La mayoría de la población es urbana y tiene un producto interno bruto (PIB) bajo; destaca la actividad minera y la actividad agropecuaria. El territorio tiene una gran riqueza biológica, preservada parcialmente en sus áreas naturales protegidas. Se conservan distintos matorrales de zonas secas y un poco de zonas templadas. Destaca una reserva biológico-cultural que debía convertirse en ejemplo de conservación de diversidad, saberes y manejo, el Sitio Sagrado Natural Wirikuta y la Ruta Histórico Cultural del Pueblo Wixárika. La Reserva Estatal Real de Guadalcázar conserva la gran riqueza de cactáceas, muchas de ellas incluidas en categoría de riesgo, e incluye dos especies de la familia Asparagaceae, que se pueden considerar un emblema del estado de San Luis Potosí por su nombre: *Manfreda potosina* y *Yucca potosina.* En esta región, la conectividad entre las áreas conservadas es fundamental para su mantenimiento y los corredores biológicos son una alternativa importante.

El ambiente impone un límite al crecimiento, sobre todo bajo los esquemas actuales de explotación de los ecosistemas y sus servicios. El agua escasea debido a la baja precipitación y alta evaporación. El agua subterránea está disponible en pequeños acuíferos distribuidos en toda la región. Además, las condiciones de baja permeabilidad y alta evaporación ocasionan que el agua se

encuentre con altas concentraciones de iones, como sodio, cloruro y bicarbonatos, lo que limita su uso para las diferentes actividades agrícolas y urbanas.

La región Centro es el eje del desarrollo económico del estado: 71.5 % del PIB y 53 % de la población estatal; la población urbana es más de cinco veces mayor a la rural, aunque la agricultura es mecanizada y de riego (cuadro 14.1). Los asentamientos humanos que dieron origen a la capital aprovecharon los importantes cuerpos de agua superficiales, como el río Santiago, la Laguna de La Alameda, el Charco Azul, y el manantial que existía en la plaza de los Fundadores, entre otros. Una vez agotados los cuerpos superficiales, se excavaron nuevos acuíferos. Primero se usó el acuífero más somero, que prácticamente se agotó y se contaminó por el traslado a la capital de los minerales del Cerro de San Pedro que se procesaban en los patios de beneficios. Parte de los desechos se emplearon en el relleno de calles en la ciudad, lo que generó procesos de lixiviación y con ello la contaminación de este primer acuífero. Posteriormente se requirió extraer el agua subterránea de mayores profundidades. En la actualidad se hace uso de un acuífero profundo que posee aguas milenarias. Este abastecimiento de agua permitió el desarrollo urbano y principalmente industrial en la zona. Sin embargo, los estudios del acuífero indican que se encuentra en estado de minado; es decir, se está agotando.

Las áreas naturales protegidas conservan matorrales de zonas secas y bosques templados. En esta región, en el municipio de Armadillo, se encuentran ejemplares de *Yucca potosina*. En algunas de las áreas naturales protegidas (ANP) hay impacto de actividades agropecuarias (cuadro 14.1). Estas situaciones son preocupantes por ser un territorio pequeño, bajo un uso intensivo y en donde el bien particular predomina sobre el bien común.

La región Media ocupa poco menos del 20 % del territorio estatal, con el 25 % de la población, donde la rural es el doble que la urbana y tiene el 7.9 % del PIB estatal (cuadro 14.1). La minería es principalmente extracción de minerales no metálicos, y el agua es de baja calidad (más de 50 % se encuentra entre contaminada y excesivamente contaminada).

La región cuenta con un acuífero somero en medio granulado y un acuífero profundo en medio fracturado. Actualmente se está haciendo uso del acuífero somero, que ya presenta problemas de abatimiento (agotamiento). Por su parte, el acuífero profundo descarga de forma natural en los manantiales de la Media Luna, los Peroles, Charco Azul y los Anteojitos, y es aprovechado para actividades agrícolas y recreativas. En general, la calidad del agua de

la región Media es sulfatada cálcica, y cerca de las zonas montañosas es de tipo bicarbonatada cálcica.

Las ANP son de tamaño muy pequeño y protegen un poco de la vegetación de zonas secas y templadas, pero particularmente de la zona de humedales. De estos últimos, solamente se protege el 0.39 % del territorio. En esta región se ubica el sitio Ramsar Ciénaga de Tamasopo. Las áreas naturales de humedales son la que presentan mayor degradación en el estado.

La región Huasteca ocupa poco menos del 20 % del territorio, con el 10 % de los habitantes del estado y una distribución algo mayor en zonas urbanas que rurales. Hay gran dispersión de sus comunidades y es donde hay mayor número de habitantes indígenas, con tradiciones y saberes muy particulares de la región. Ello le da una identidad inigualable. El monumento natural Cuevas del Viento y la Fertilidad es una muestra viva de estas tradiciones. La actividad minera es reducida. Aunque las actividades asociadas a hidrocarburos han disminuido en los últimos años, existen todavía reservas que pueden ser aprovechadas con el uso de tecnologías recientes de recuperación mejorada de petróleo que hagan viable el costo de su extracción; sin embargo, debe hacerse cuidando no generar mayores impactos en el ambiente tropical y en la vida y costumbres de las poblaciones indígenas. Es la única región del estado con abundantes recursos hídricos, debido a que es la principal zona de descarga de la Sierra Madre Oriental y la plataforma Valles San Luis Potosí, lo que le brinda una buena cantidad, aunque su calidad ha disminuido debido a la contaminación antropogénica.

Hubo una gran degradación del suelo y la vegetación con el proyecto hidroagrícola Pujal-Coy en la década de 1970 (Reyes-Hernández *et al.*, 2006). En la actualidad, el cultivo de caña de azúcar es importante, pero muy demandante de agua y agroquímicos, lo que produce alteración del suelo y contaminación de suelos y manto freático. Y es la región con menos superficie bajo esquemas de conservación: sólo el 0.66 % (cuadro 14.1). Tiene un importante potencial turístico por sus bellezas naturales, pero debe ser manejado con reglas claras bajo esquemas sustentables que beneficien a lo pobladores y limitando la capacidad de carga.

La vegetación

La serie VI del Inegi muestra que el territorio con vegetación primaria es de 55.25 %, la vegetación secundaria e inducida 17.19 % y el suelo agrícola, pecuario y forestal 27.55 %. Esta proporción de vegetación original y otra con posibilidades de recuperación, aunada a la diversidad de ecosistemas y especies a lo largo de los gradientes altitudinales, sienta ya una vocación del territorio y un compromiso cultural con el patrimonio natural del estado y con el desarrollo sustentable.

Chapa-Vargas y Monzalvo-Santos (2012) analizaron el grado de protección que las ANP proporcionaban a los distintos tipos de vegetación, y encontraron los siguientes datos: comunidades vegetales de climas secos: matorral crasicaule (5.94 %), matorral micrófilo desértico espinoso (5.21 %), matorral micrófilo sin espinas (6.05 %), matorral rosetófilo (39.84 %) y pastizal (0.9 %). Entre las comunidades de zonas templadas, los valores son más altos: bosque de pino (23.72 %), bosque de encino (27.44 %) y bosque de pino-encino (24.18 %). Para los bosques tropicales o selvas, son muy bajos: selva mediana (3.01 %), y selva baja (6.8 %). Para los humedales es de 0.53 %, y el matorral submontano es uno de los más bajos (0.22 %).

El matorral submontano, tal vez el menos protegido de los tipos de vegetación en San Luis Potosí, tiene una gran importancia tanto desde el punto de vista de su diversidad biológica para mantener la conectividad del paisaje como corredor natural (capítulo 13, "El matorral submontano, un enclave de la diversidad"). Tiene muchas especies en la categoría de riesgo de desaparecer; comparte especies del bosque espinoso y con el bosque tropical deciduo. La Sierra Madre Oriental mantiene gran diversidad de especies, que incluye más de 7 % de las plantas endémicas mexicanas. Su extensión permite a la flora y la fauna moverse desde el nivel del mar hacia mayor altitud y hacia el centro y norte del estado. Se puede visualizar a la Sierra como un operador capaz de dar alternativas de desplazamiento a las especies aquejadas por los cambios ambientales.

Esto hace que el matorral submontano sea un protagonista muy prominente del paisaje potosino, al actuar como sitio de refugio temporal de especies y como fuente de especies nativas para la regeneración de bosques tropicales, bosque tropical deciduo y el bosque espinoso. Sahagún-Sánchez *et al.* (2011) lo reportan entre los tipos de vegetación más propensos a la deforestación en el

estado de San Luis Potosí. La superficie estatal del matorral submontano disminuyó 5.8 % entre 1960 y 2000; de 4 361 km² en 1960 (Rzedowski, 1965) a 4 107 km² en 2000, debido al cambio de uso del suelo.

La Sierra Madre Oriental es una de las regiones más importantes para la conservación de la biodiversidad en México debido a riqueza de especies (Luna-Vega *et al*, 2004). La Sierra alberga los macizos forestales de mayor extensión y prioritarios para la biodiversidad del estado, afectada por la transformación de los bosques y las selvas (Loa Loza *et al*, 2009; Reyes-Hernández *et al*. 2019).

El uso del suelo

La ganadería y la agricultura son los usos más comunes del suelo y las principales causas de deforestación en San Luis Potosí. Farfán *et al*. (2019) estimaron que en el periodo 2002-2007 San Luis Potosí destinó 21 % de su superficie a la agricultura. En este periodo disminuyó 99 km² de cobertura natural, que corresponden a la pérdida de 94 km² de matorral xerófilo y 5 km² de selva. También disminuyó el uso del suelo agrícola, pecuario y forestal (75 km²). En contraparte, hubo un crecimiento de los asentamientos urbanos (39 km²), y la recuperación del bosque con 86 km² y del pastizal natural con 51 km². Concluyen que esta información sobre la dinámica de cambio entre coberturas y usos del suelo muestra la vulnerabilidad, principalmente de las selvas, el matorral xerófilo y el pastizal natural.

En el presente volumen, Arturo De-Nova y colaboradores (capítulo 12, "La deforestación, la fragmentación y la conectividad") comparan los cambios ocurridos en la cubierta vegetal, encontrando que para 2017 el único incremento se había dado en los bosques templados (cuadro 14.2). En el resto fueron disminución de la cubierta de vegetación original, siendo más marcado en el bosque mesófilo de montaña.

Aguilar-Rivera (2019) analizó el desarrollo de las actividades agropecuarias intensivas y extensivas en la Huasteca Potosina. Detectó grandes cambios en el uso del suelo y aumento de la pérdida de la vegetación primaria por los cultivos de caña de azúcar y café. El uso de químicos para combatir plagas agravó los problemas ambientales de la zona, lo cual trajo como consecuencia la caída de la producción de los cultivos e impactos socioeconómicos, espaciales y temporales en la región. En las áreas cañeras, los esquemas tecnológicos

Cuadro 14.2. Cambios en la cubierta vegetal entre 2002 y 2017 en San Luis Potosí

Vegetación	*2002 (ha)*	*2007 (ha)*	*Cambio*	*2013 (ha)*	*2017 (ha)*	*Cambio*	*Tasa (%)*
Bosques***	552 400	561 000	8 600	566 701	568 889	2 188	1 078.8 (0.2)
Bosque mesófilo*	—	—	—	7 725	7 193	-532	-106.4 (-1.4)
Matorral xerófilo*	2 983 200	2 973 800	-9 400	3 022 583	3 006 090	-16 494	-2 589.4 (-0.1)
Pastizal**	279 100	284 200	5 100	287 747	282 528	-5 219	-11.9 (0.0)
Selvas*	358 900	358 400	-500	368 735	366 975	-1 759	-225.9 (-0.06)
APF***	1 759 300	1 751 800	-7 500	1 659 065	1 664 028	4 964	-253.6 (-0.0)

Nota: * Pérdidas fuertes, ** pérdidas leves o imperceptibles, *** ganancias o incrementos.
Fuente: elaboración propia a partir de la información en los otros capítulos.

basados en su monocultivo, y el inadecuado procesamiento de la propia caña de azúcar y sus subproductos (residuos de cosecha, cachaza, mieles, bagazo, y vinazas), producen diversos impactos. La intensidad de éstos depende del manejo del suelo durante sus ciclos de siembra y cosecha, y del manejo del proceso en el ingenio azucarero o trapiches paneleros. El cultivo requiere del uso de fungicidas, bactericidas, insecticidas, nematicidas, acaricidas, rodenticidas y otros plaguicidas (órgano-clorados, órgano-fosforados y carbamatos) (Aguilar-Rivera, 2019).

Se usa gran cantidad de agua de riego. Santacruz (en Santacruz de León, 2019) calculó en 2007 que el volumen de agua concesionado del río Valles y sus tributarios era del orden de 89.85 Mm^3/año, de los cuales 89.2 % se destinaba al uso agrícola, 7.53 % en el sector agroindustrial y 2.43 % para uso público-urbano. Del uso agrícola, el mayor volumen se empleaba para el riego de la caña de azúcar.

La producción de café en la Huasteca Potosina genera varios subproductos (p.e. pulpa de café, mucílago, y pergamino o cascarilla) y un gran volumen que se desecha durante el procesamiento, que lo vuelve una fuente importante de contaminación de ríos, lagos y otras fuentes de agua (Aguilar-Rivera, 2019).

La dominancia de climas áridos y semiáridos o semisecos en territorio potosino ha favorecido el pastoreo extensivo y sin control. Las prolongadas sequías anuales e interanuales limitan la capacidad de carga animal de estos agostaderos naturales, por lo que la actividad ganadera enfrenta generalmente

condiciones poco favorables (Contreras, 2019). La ganadería también ha incrementado la frontera agropecuaria, por el aumento del hato y la necesidad de cultivos forrajeros (Ribeiro-Palacios *et al.*, 2019).

Ribeiro-Palacios *et al.* (2019) proponen que la intensificación y simplificación actual de la agricultura se debe al uso de diversos agroquímicos, al acortamiento del periodo de barbecho y al uso de variedades mejoradas, que favorecen la pérdida de biodiversidad. Señalan que, en cambio, la agricultura a pequeña escala, caracterizada por el intercalado de diversos cultivos y especies, y que ha sido practicada por los pequeños agricultores (p.e. la milpa), representa un recurso clave para la seguridad alimentaria (Fernández, 2006; Ferguson *et al.*, 2009; FAO, 2013), la diversidad cultural (Toledo *et al.*, 2010), el control natural de plagas, el mantenimiento de la diversidad genética (FAO, 2010), la resiliencia ante las fluctuaciones medioambientales (Steward, 2006) y la heterogeneidad estructural y funcional de los agroecosistemas, ya que permite el mantenimiento de la diversidad de flora y fauna, y su dispersión en paisajes fragmentados (Ferguson *et al.*, 2009; Perfecto *et al.*, 2009), como se ha podido ver en los sistemas tradicionales de café de sombra, milpa y huertos familiares, entre otros. San Luis Potosí es un ejemplo de cómo las políticas neoliberales han favorecido los sistemas de agricultura simplificada, lo cual puede causar la pérdida de variedades y razas de cultivos locales.

Los desastres naturales

Los desastres naturales ocurridos en el estado han ido en aumento en los últimos cuarenta años, al igual que en el resto del país. Un total de 722 declaratorias de desastres y emergencias se tienen registradas en los últimos 20 años en San Luis Potosí, siendo la más frecuente las sequías, que afectan 40 % del territorio. La región Altiplano es la más susceptible a las sequías debido a su baja precipitación y alta evaporación, y a un suelo que naturalmente no tiene capacidad de retener e infiltrar grandes volúmenes de agua, por la que se pierde por escorrentía y evapotranspiración (véase el capítulo 3, "Los eventos naturales").

La zona conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, a pesar de que se encuentra en la región Centro y tiene una precipitación baja, es muy vulnerable a inundaciones por eventos de precipitación intensa y de

corta duración debido al cambio climático, al cambio de uso de suelo (el incremento de áreas urbanizadas y la reducción de las áreas naturales) y a la falta de infraestructura, como tragatormentas, y otros de ingeniería verde, como jardines infiltrantes, resumideros, etc. Algunas situaciones son susceptibles de corregirse mediante ingeniería ecológica.

La región Media también es susceptible a eventos de sequía, heladas y granizadas, y lluvias torrenciales. Actualmente es más frecuente la ocurrencia de incendios forestales. Todos estos eventos tienen un impacto directo en la actividad agrícola. La región Media es una de las principales productoras de cítricos, y en los últimos años ha sido afectada por plagas que antes se restringían a la Huasteca.

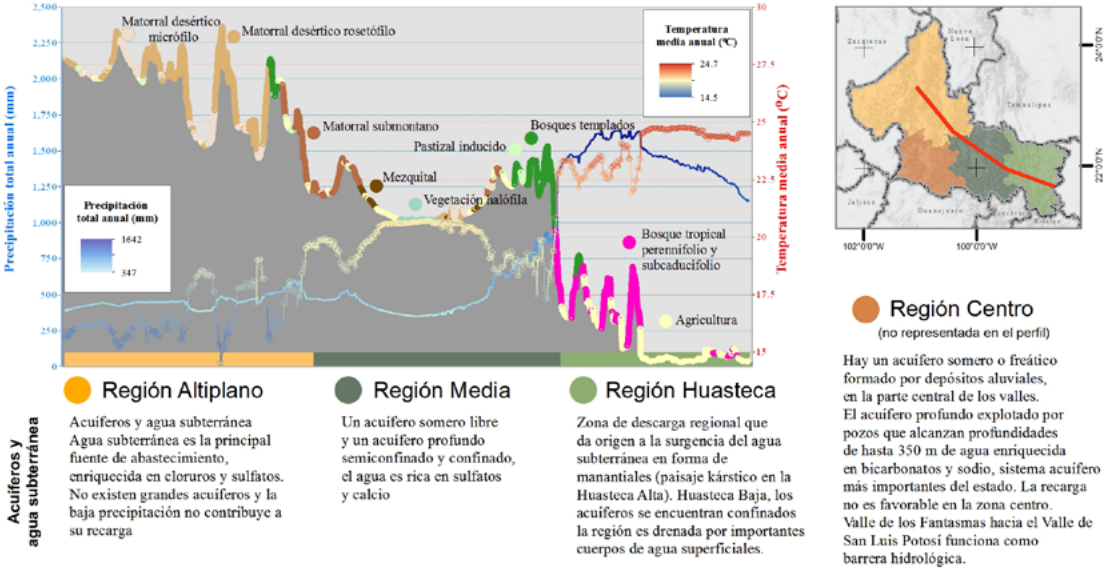
En la región Huasteca, los eventos naturales-desastres son más diversos que en el resto de las regiones debido a que el territorio se extiende desde una zona plana y baja hasta una zona alta y montañosa. En orden de importancia, están las lluvias, sequías e inundaciones, y su posición más cercana al golfo de México la hace susceptible a los ciclones. La frecuencia de inundaciones en la Huasteca Baja se debe a que posee suelos arcillosos que impiden la infiltración del agua en contraste con la Huasteca Alta, en donde el medio es kárstico con alto fracturamiento, por lo que toda el agua que precipita se infiltra. Por otra parte, su clima, humedad natural y actividades antropogénicas, como la quema durante la zafra, la hacen más vulnerable a eventos de temperaturas extremas, como las ondas de calor. Finalmente, el cambio de uso de suelo, la presencia de suelos con poca vegetación, el cambio climático, la reducción de la precipitación y el incremento de la frecuencia del fenómeno del Niño han favorecido la recurrencia de la plaga de langosta. Cabe mencionar que en los últimos años también han aparecido brotes de cólera.

Los servicios ecosistémicos

Los ecosistemas de las cuatro regiones de San Luis Potosí proporcionan distintos servicios ecosistémicos a sus pobladores (capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad"). La figura 14.1 muestra una visión sintética y gráfica de San Luis Potosí. Varían en función de la cantidad y tipo de servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad, pero todos los ecosistemas lo hacen. En el cuadro 14.3 se presenta una primera valoración que puede servir de punto de

partida para análisis posteriores más detallados. Se requieren equipos interdisciplinarios que realicen una evaluación cuantitativa de cada servicio y una valoración económica.

Figura 14.1. Visión sintética a partir de un perfil altitudinal que cruza el estado de San Luis Potosí, desde el occidente del estado, en la subprovincia llamada Sierras y Lomeríos de Aldama y Río Grande, a través de los municipios de Catorce y Charcas, hasta el oriente del estado, en la subprovincia llamada Llanuras y Lomeríos, cruzando los municipios de Ciudad Valles, Tanlajás y San Vicente Tancuayalab. Se puede observar el perfil altitudinal que cruza tres de las regiones y abarca desde casi el nivel del mar hasta más de 2 000 msnm, a lo largo del cual se modifican la temperatura y la precipitación, así como los tipos de vegetación. También se indican el tipo de acuíferos predominantes.



Fuente: Cuervo-Robayo et al. (2013); Inegi (2016; s.f.). Edición: Roberto C. Monroy Ibarra.

Cuadro 14.3. Servicios ecosistémicos o ambientales que proporcionan los ecosistemas de cada una de las regiones de San Luis Potosí.

	Región Altiplano	*Región Centro*	*Región Media*	*Región Huasteca*
De apoyo				
Reciclaje de nutrientes	Baja	Baja	Media	Alta
Formación de suelos	Baja	Baja	Media	Alta
Producción primaria	Baja	Baja	Media	Alta
Recarga de acuíferos	Baja	Baja	Media	Alta
Aprovisionamiento				
Alimentos	Baja	Media	Media	Media-Alta
Agua dulce	Baja	Alta	Media	Media
Maderas y fibras	Media	Media	Alta	Alta
Energéticos (no renovables)	Baja	Media	Media	Alta
Energéticos renovables	Alta	Baja	Baja	Baja
Hábitat	Alta	Media	Alta	Alta
Regulación				
Del clima	Baja	Baja	Media-Alta	Alta
De inundaciones	Baja	Baja	Baja	Alta-baja
De enfermedades vectoriales (moscos)	Alta	Media-baja	Baja	Baja
Purificación del agua	Baja	Alta	Baja	Alta
Culturales				
Estéticos	Alta	Baja	Alta	Alta
Espirituales	Alta	Alta	Baja	Alta
Educativos	Baja	Alta	Alta	Media-Baja
Recreativos	Media	Media	Alta	Alta

Acciones estratégicas

En cada capítulo de la presente obra se dan recomendaciones para cada tema. No obstante, se quieren añadir unas cuantas disposiciones más que se consideran importantes para el ambiente potosino y la salvaguarda de su patrimonio natural, así como de los servicios ecosistémicos.

El uso del agua debe ser abordado con una visión de sustentabilidad, partiendo que es un recurso muy limitado. Se debe gestionar y manejar sustentablemente el agua en función de su disponibilidad y calidad, garantizando el caudal ecológico y priorizando el abastecimiento de agua potable a la población. Para ello, se requiere de un programa de largo plazo, compartido y consensuado con la sociedad civil, con fuertes bases técnicas y con un sustento legal basado en el agua para el bien común.

La biodiversidad es una de las grandes fortalezas de San Luis Potosí. Las áreas naturales protegidas (ANP) son consideradas como el mejor instrumento para conservar la biodiversidad y mantener los beneficios que generan los servicios ecosistémicos, aunque hay que adecuarlas a las necesidades de participación y apropiación del proyecto que la sociedad demanda hoy en día. Para realizar un manejo sustentable de las ANP, es básico que cada plan de manejo de éstas cuente con una caracterización geológica y, en algunos casos, hidrogeológicas (para aquellas que tengan ecosistemas hidrodependientes). Hay ANP propuestas de gran importancia que aún no se han impulsado y desarrollado; por ejemplo, el corredor biológico matorral submontano y rosetófilo entre los municipios de Armadillo de los Infante, Cerritos, San Nicolás Tolentino y Villa Hidalgo, con una extensión de 37 174.38 ha, por sus especies endémicas, alta biodiversidad y elevado número de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Loa Loza *et al.*, 2009) y la Región Prioritaria para la Conservación Xilitla (Reyes-Hernández *et al.*, 2019). Los corredores biológicos, aunados a un desarrollo sustentable que mantenga las condiciones ambientales de diversidad y desarrolle un manejo sustentable del agua, son una estrategia fundamental.

No se puede abordar la conservación de la biodiversidad y de los paisajes sin tomar en cuenta las causas de su degradación. Las políticas de conservación de la biodiversidad deben incluir también a las tierras agrícolas y a las diversas estructuras sociales para lograr una verdadera conservación de la diversidad, que además brinde opciones novedosas de subsistencia para los cam-

pesinos, considerando los cambios ambientales y socioeconómicos regionales y nacionales que transforman a la entidad (Ribeiro-Palacios *et al.*, 2019). Deben incluir los usos del agua y las limitaciones que le impone el entorno. Se deben impulsar experiencias actuales, como la agroecología y la ganadería regenerativa, entre otras.

En San Luis Potosí hay un uso actual y potencial de numerosos recursos vegetales como el maguey (*Agave salmiana*), los nopales (*Opuntia* spp.), la palma camedor (*Chamaedorea pringlei*), el mezquite (*Neltuma* spp.), la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) o el chamal (*Dioon edule*), por mencionar sólo algunos. Se deben reproducir las plantas y hacer plantaciones diversificadas para obtención de leña y fibras que faciliten la vida de las comunidades, y así evitar el uso de poblaciones naturales. Se debe transformar la extracción en un cultivo sustentable, cuidando el suelo y el agua. Es importante utilizar tecnologías como el cultivo de tejidos para la reproducción de especies de interés comercial e impulsar la creación de Unidades de Manejo Ambiental (UMA) donde la población maneje sus recursos y reciba los beneficios. Aunado a lo anterior, se deben localizar los sitios de extracción ilegal de flora y fauna para reducirla.

Finalmente, el manejo del paisaje en el estado permitirá revertir los procesos de deforestación y fragmentación mediante el desarrollo de sistemas productivos sustentables; de la restauración ecológica; de la promoción de la participación comunitaria en las tareas de conservación, incluidos el monitoreo y la vigilancia; y del desarrollo de capacidades por medio de la educación ambiental para fortalecer la sustentabilidad y la gobernanza.

El potencial de regeneración natural de la vegetación y la capacidad de movilidad de las especies debían ser, al lado de los criterios de diversidad, vulnerabilidad, extensión, rareza y endemismo, los que se tomen en cuenta para designar nuevas áreas naturales protegidas.

La movilidad de las especies de plantas y animales se destaca cada día más como el criterio más relevante para la conservación de la biodiversidad. Esto significa identificar las condiciones y características del ambiente que facilitan o impiden que las especies recorran los ecosistemas y los mosaicos que forman parte del paisaje. La movilidad de las especies se transforma en conectividad cuando ocurre a escala de distintos paisajes. Con base en el análisis del paisaje y de las necesidades biológicas del jaguar (*Panthera onca*), se concluyó que existe una conectividad entre las ANP, incluyendo la Reserva de Biosfera del

Abra Tanchipa (Errejón *et al*:, 2018) (véase el capítulo 9, "La conservación de la biodiversidad").

En San Luis Potosí, la conectividad de la flora y la fauna entre las provincias biogeográficas y fisiográficas, en extensiones considerables, depende de la Sierra Madre Oriental. De ahí la enorme importancia de su conservación. Es un sistema montañoso con una superficie aproximada de 22 015 066 ha, 11 % del territorio mexicano; y una de las regiones orográficas de tipo sedimentario marino más biodiversas del país (Luna-Vega *et al*., 2004). Es un archipiélago de islas que comparte especies de las regiones neártica y neotropical (Estrada *et al*., 2015) y que alberga poco más de 7 % de las plantas endémicas mexicanas (Villaseñor, 2016). Esta cadena de montañas, que cruza el territorio potosino del noreste hacia el sur, está bordeada, en su pie de monte, por el matorral submontano. Es un tipo de vegetación del centro y norte del estado de San Luis Potosí, que tiene una extensión, 4 361 km² (Rzedowski, 1965) y que se despliega hacia la planicie costera nororiental y hacia el Altiplano Potosino.

El matorral submontano está formado por árboles bajos o arbustos altos, originarios de bosques tropicales, aunque también tiene elementos del bosque tropical deciduo y del bosque espinoso. Es un tipo de vegetación rico en especies, que, según Torres-Colín *et al*., (2017), posee más especies que el matorral xerófilo en las partes bajas y los bosques de encino-pino de las partes altas de la Sierra entre los que se encuentra.

Finalmente, el manejo del paisaje en el estado permitirá revertir los procesos de deforestación y degradación mediante acciones como el desarrollo de sistemas productivos sustentables, el manejo de la regeneración natural, el impulso de la restauración ecológica basada en especies, el manejo de especies primarias y secundarias nativas, la participación comunitaria en las tareas de conservación —incluidos el monitoreo y la vigilancia—, el desarrollo de capacidades mediante agendas de educación ambiental para la sustentabilidad y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental del territorio.

Referencias

Aguilar-Rivera, N. (2019). "Cultivos comerciales", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 195-198.

Chapa-Vargas, L. y K. Monzalvo-Santos (2012). "Natural Protected Areas of San Luis Potosi, Mexico: Ecological Representativeness, Risks, and Conservation Implications Across Scales", International Journal of Geographical Information Science, vol. 26, núm. 9, pp. 1625-1641. doi: 10.1080/13658816.2011.643801>.

Contreras Servín, C. (2019). "La actividad ganadera y su impacto ambiental", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 199-205.

Cuervo-Robayo, A. P., O. Téllez-Valdés, M. Gómez, C. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer (2013). "An Update of High-Resolution Monthly Climate Surfaces for Mexico", International Journal of Climatology. <https://doi.org/10.1002/joc.3848>; <http://idrisi.uaemex.mx/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=8>.

Errejón Gómez, J. C., J. Vila Subirós, J. L. Flores Flores, H. Reyes Hernández y C. A. Muñoz-Robles (2018). "Conectividad de los ecosistemas entre las reservas de la biosfera El Cielo y Sierra del Abra Tanchipa en México", Investigaciones Geográficas, núm. 70, pp. 181-196.

Estrada, A. E., J. R. Arévalo, J. A. Villarreal, M. M. Salinas Rodríguez, J. A. Encina-Domínguez, H. González Rodríguez y C. M. Cantú Ayala (2015). "Classification and Ordination of Main Plant Communities Along an Altitudinal Gradient in the Arid and Temperate Climates of Northeastern Mexico", The Science of Nature, núm. 102, pp.

fao (2010). Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma: Organizaciónn de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

fao (2013). "The State of Food and Agriculture 2013. Systems for better nutrition". Roma: Organizaciónn de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Farfán-Gutiérrez, M., A. P. Cuero-Robayo, G. Rodríguez-Tapia y T. Escalante (2019). "Dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo en el

periodo 2002-2007", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 121-125.

Ferguson, B. G., H. Morales, A. González Rojas, F. de J. Íñiguez Pérez, M. E. Martínez Torres, K. McAfee, R. Nigh, I. Perfecto, S. M. Philpott, L. Soto Pinto, J. Vandermeer, R. M. Vidal, L. E. Ávila Romero, H. Bernardino y R. Realpozo Reyes (2009)- "La soberanía alimentaria: cultivando nuevas alianzas entre campo, bosque y ciudad", Agroecología, núm. 4, pp. 49—58. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117181>.

Fernández, M. (2006). "Practicar agroecología, utilizar conocimientos locales", en A. Cohn, J. Cook, M. Fernández, R. Reider y C. Stewart (eds.), Agroecología y la lucha para la soberanía alimentaria en las Américas. Reino Unido: iied / ceesp-uicn / Yale School of Forestry and Environmental Studies, pp. 137-140.

Guevara, S. (2021). Declaración de la Red de Comités MaB y Reservas de Biosfera de Iberoamérica y el Caribe. IberoMaB frente a la pandemia provocada por el Covid:19. MaB / Unesco.

Halffter, G. y J. J. Morrone (2017). "An Analytical Review of Halffter's Mexican Transition Zone, and Its Relevance for Evolutionary Biogeography, Ecology and Biogeographical Regionalization", Zootaxa, núm. 4226, pp. 1-46.

Inegi (2016). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250 000, serie vi (continuo nacional) capa unión. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Inegi (s.f.). "Continuo de elevaciones mexicano (cem 3.0). Resolución 30m. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>.

Loa-Loza, E., M. F. Sánchez-Hermosillo, J. G. Torres-Jiménez, O. C. Rosas-Rosas y M. S. Sierra-Rivera (coords.) (2009). Áreas prioritarias para el manejo y conservación en el estado de San Luis Potosí, México. San Luis Potosí: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos.

Luna-Vega, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.) (2004). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.

Perfecto, I., J. Vandermeer y A. Wright (2009). Nature's Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty. Reino Unido: Earthscan.

Reyes-Hernández, H., A. Durán Fernández y F. X. Sahagún Sánchez (coords.) (2019). Biodiversidad y conservación de ecosistemas de la Región Prioritaria para la Conservación Xilitla. Guadalajara, Jal.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí / Universidad de Guadalajara.

Reyes-Hernández H, M. Aguilar Robledo, J. R. Aguirre Rivera e I. Trejo Vázquez (2006). "Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000", Investigaciones Geográficas, núm. 59, pp. 26-42. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112006000100003&lng=es&tlng=es>.

Ribeiro-Palacios, M., E. Huber-Sannwald y J. T. Arredondo Moreno (2019). "La diversidad agrícola y cultural frente al modelo económico neoliberal", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 187-193.

Rzedowski, J. (1965). "Vegetación del estado de San Luis Potosí", Acta Científica Potosina, núm. 5, pp. 5-291.

Sahagún-Sánchez, F. J., H. Reyes-Hernández, J. L. Flores-Flores y L. Chapa-Vargas (2011). "Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México", Journal of Latin American Geography, núm. 10, pp. 65-86.

Santacruz, G. (2007). "La gestión del agua (autonomía o control del estado) en la cuenca del río Valles, Huasteca, México". <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2009/06/08_german_santacruz.pdf>.

Santacruz de León, G. (2019). "Impacto en el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Valles en el periodo 2000 a 2010", en La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado, vol. I. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 215-218.

Steward, C. (2006). "Biodiversidad, conservación y servicios ambientales", en A. Cohn, J. Cook, M. Fernández, R. Reider y C. Stewart (eds.), Agroecología y la lucha para la soberanía alimentaria en las Américas. Reino Unido: iied/ ceesp-uicn / Yale School of Forestry and Environmental Studies, pp. 137-140.

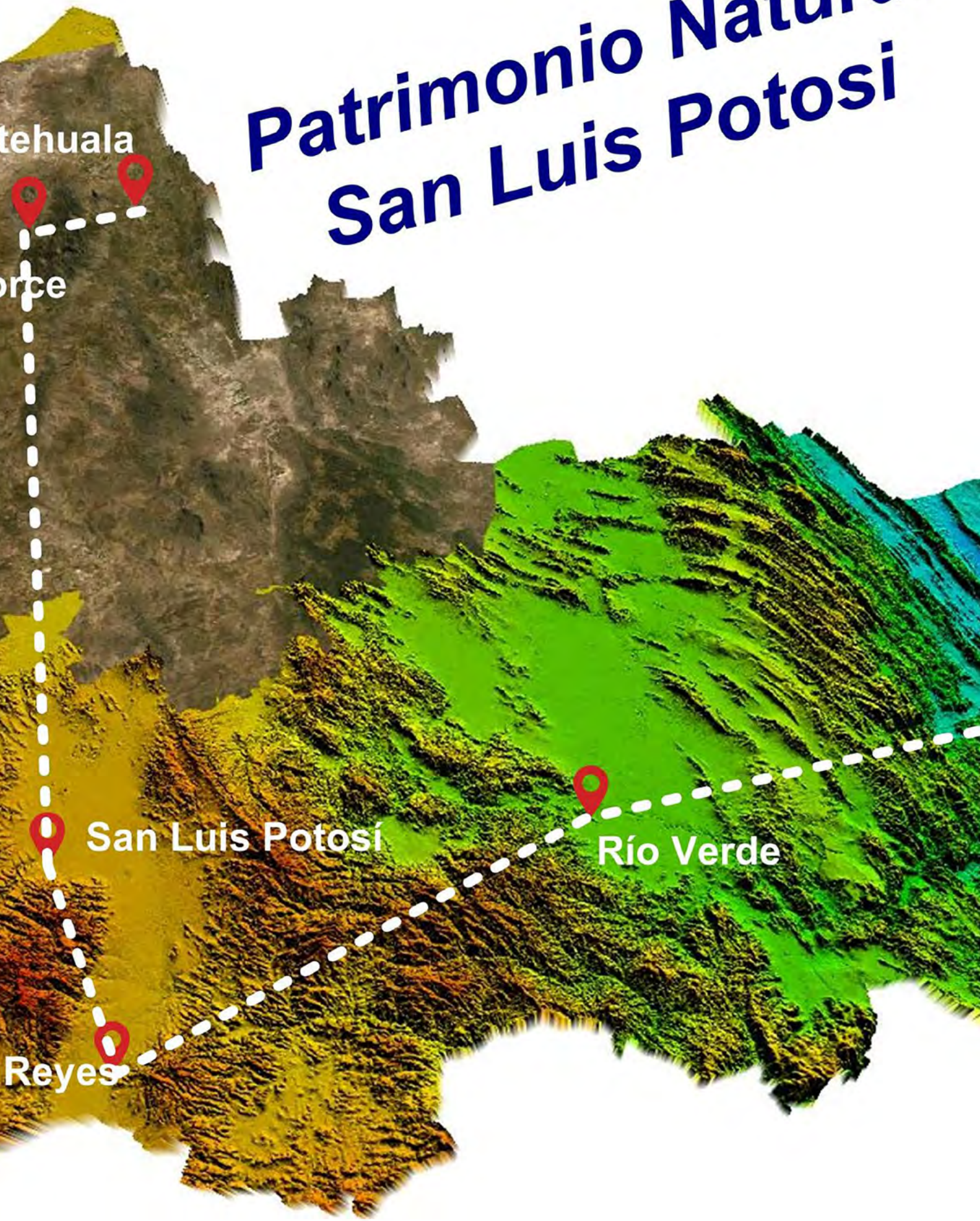
Toledo, V. M., E. Boege y N. Barrera-Bassols (2010). "The Biocultural Heritage of Mexico: An Overview", *Langscape*, vol. II, núm. 6, pp. 8-14.

Torres-Colín J. R., G. Parra, L. A. de la Cruz, M. P. Ramírez, C. Gómez-Hinostrosa, R. T. Bárcenas y H. M. Hernández (2017). "Flora vascular del municipio de Guadalcázar y zonas adyacentes, San Luis Potosí, México", Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 88, núm. 3, pp. 524-554

Villaseñor, J. L. (2016). "Checklist of the Native Vascular Plants of Mexico", Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 87, núm. 3, pp. 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.

UN RECORRIDO POR SAN LUIS POTOSÍ

Patrimonio Natural San Luis Potosi



CAPÍTULO 15
COLORES, PAISAJES Y CULTURA: UN RECORRIDO VIRTUAL POR SAN LUIS POTOSÍ

José Tuxpan Vargas

San Luis Potosí es un estado con gran diversidad. Se puede encontrar, en la majestuosidad de sus paisajes, desde el exuberante verde de la Huasteca Potosina hasta las doradas planicies bañadas por el sol intenso del Altiplano, sin olvidar su región Centro, apogeo primordial de la sociedad y cultura de San Luis. Este capítulo tiene como objetivo trasladar al lector hacia un recorrido por este maravilloso estado, con el apoyo de un portal digital y herramientas electrónicas que permitan interactuar y conocer aún mas de San Luis Potosí. Para ello, en los siguientes apartados se explicará el diseño de la aplicación que permitirá realizar el recorrido virtual, sus principales características, posibilidades y futuras aplicaciones.

Formato digital, una alternativa para conocer San Luis Potosí

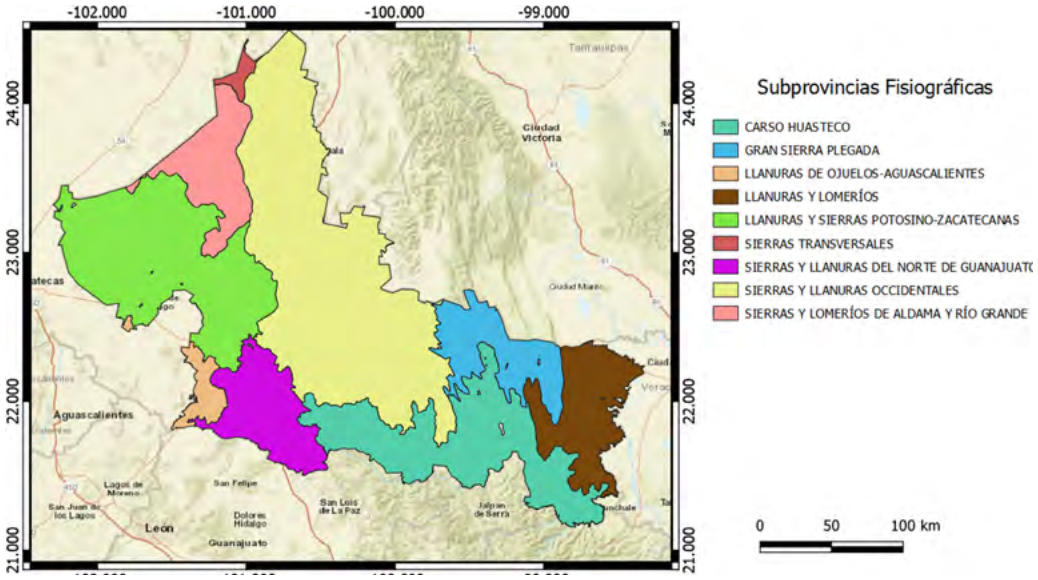
Para iniciar el viaje, es conveniente recordar que San Luis Potosí comprende una superficie de 61 137 km². Las cuatro regiones económicas están asentadas sobre tres regiones naturales que corresponden a las denominadas provincias fisiográficas: Altiplano Occidental, Sierra Madre Oriental y Planicie del Golfo (figura 15.1).

Estas características propias del territorio abren el camino de múltiples posibilidades de desarrollo tanto natural como para generación de asentamientos humanos, por lo que realizar un análisis del entorno, sus relaciones e implicaciones es un tema sumamente complejo. La intención de este trabajo, y en particular del aplicativo de "Viaje virtual por San Luis Potosí", no es entender esas relaciones, sino mostrar la diversidad tan fascinante del estado mediante recursos fotográficos, videos, animaciones, reseñas históricas que permitan al lector formarse un panorama general de lo que es San Luis Potosí, y que la aplicación se convierta en una herramienta de consulta para el público en general y personas dedicadas al entendimiento del entorno ambiental y social desde una perspectiva geoespacial.

El elemento geoespacial —o bien, información geoespacial— tiene un papel muy importante, ya que permite caracterizar algún fenómeno o sitio de interés a partir de sus atributos del entorno, involucrando su ubicación geográfica. Así, se convierte en información muy valiosa para instituciones que deban tomar decisiones relacionadas con el territorio y sus recursos.

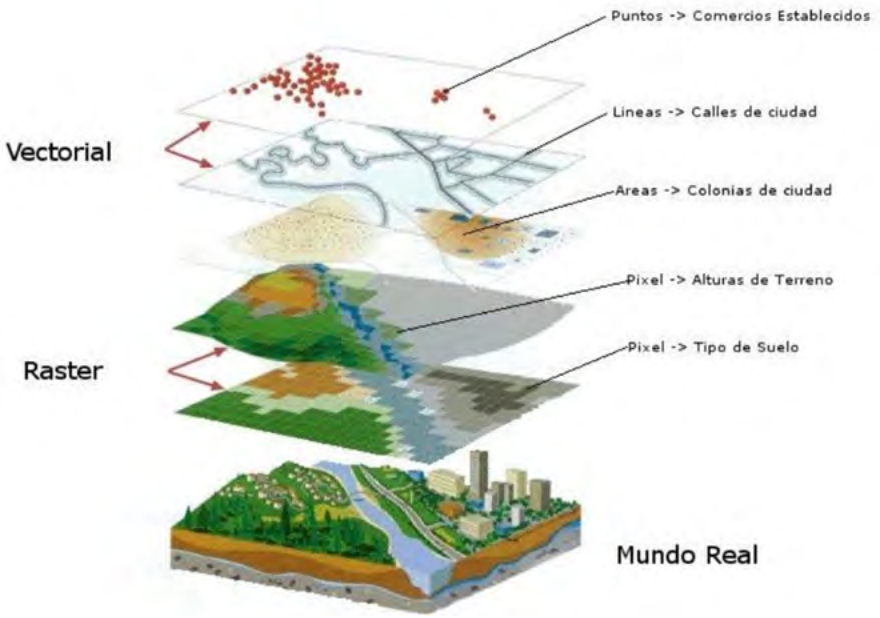
La información digital de un ambiente real permite realizar múltiples procesos, y uno de los más importantes consiste en el análisis espacial. El análisis espacial es el proceso de examinar localizaciones, atributos y relaciones entre los datos espaciales mediante técnicas analíticas para abordar una pregunta; por ejemplo, ¿por qué en unas zonas llueve más?, o ¿por qué hay zonas con mayor contaminación de aire/agua? Con el análisis espacial, se extrae y se crea nueva información. A partir del análisis espacial es posible identificar patrones en un mapa o inclusive construir modelos que imiten los procesos del mundo real. Es importante recalcar que la información digital puede segmentarse en atributos particulares y trabajar bajo diferentes entidades para un mejor manejo y entendimiento de la información, como se muestra en la figura 15.2.

Figura 15.1. Provincias fisiográficas de San Luis Potosí.



Fuente: Inegi, 2001.

Figura 15.2. Formato vectorial y formato raster son las principales representaciones de la información geoespacial.

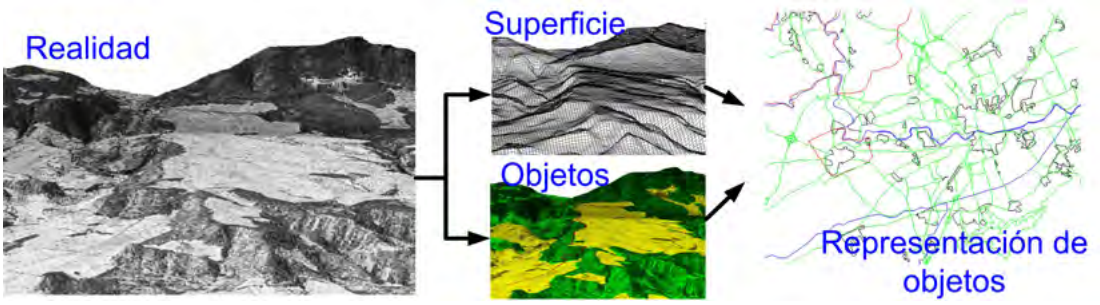


Fuente: WordPress.com (https://nhdlibre.files.wordpress.com/2014/12/esquema_sig.png)

Para el desarrollo del aplicativo, se partió del esquema básico de representación de la realidad en un formato digitalizado (figura 15.3) a partir de los siguientes principios contradictorios:

1. Como un continuo definido por una serie de *variables* que pueden ser de tipo cualitativo (litología, usos del suelo, etc.) o bien tratarse de *superficie* (elevaciones, precipitación, etcétera).
2. Como la yuxtaposición de *entidades* de límites definidos y con características homogéneas; por ejemplo, parcelas de propiedad, núcleos urbanos, carreteras, etc. Cada uno de estos objetos va a tener un identificador único.

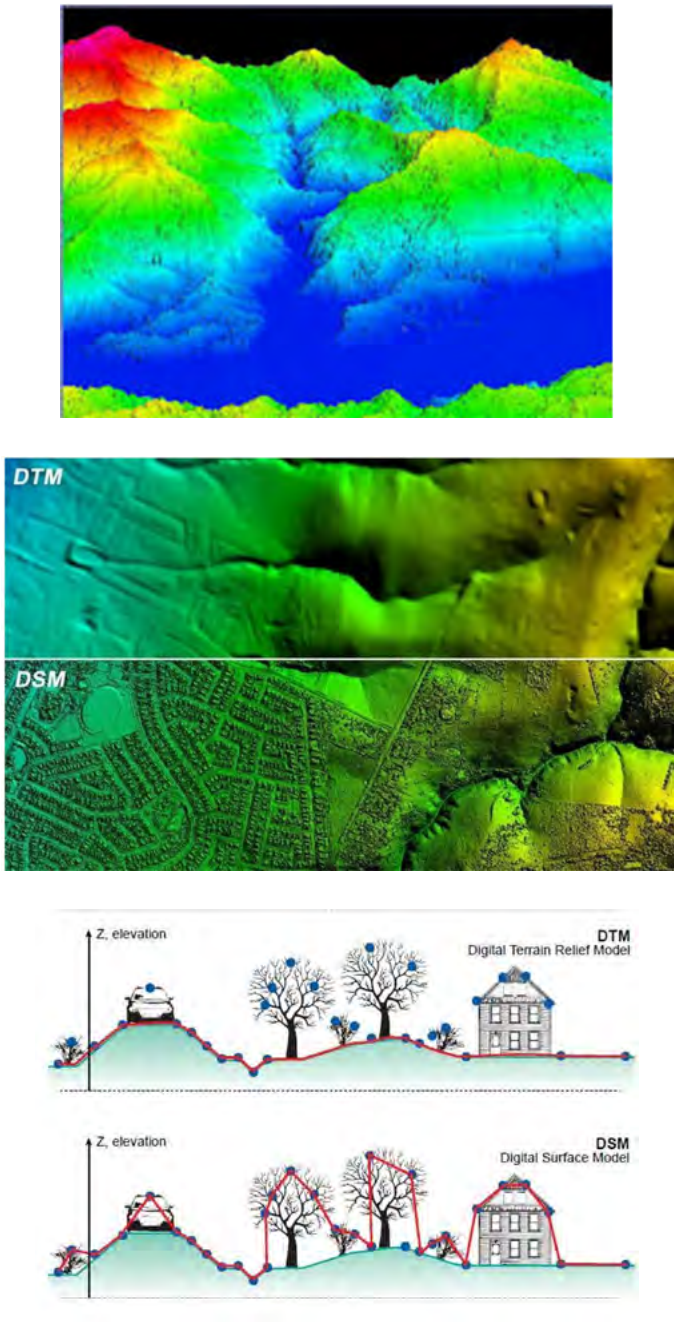
Figura 15.3. Representación digital de un espacio real (digitalización).



Fuente: Elaboración propia.

Las superficies son objetos tridimensionales con dos dimensiones que representan los ejes espaciales, y una tercera que representa una tercera variable cuantitativa representada en cada punto del espacio, como se observa en los ejemplos mostrados en la figura 15.4. Este tipo de modelos se suelen denominar como de dos dimensiones topológicas y media (gráficos 2,5D), pues en realidad la tercera dimensión (la Z) no se analiza en su totalidad. No se considera exactamente un hecho volumétrico, sino una superficie (las dos dimensiones) ondulada, levantada en tres dimensiones (la media dimensión).

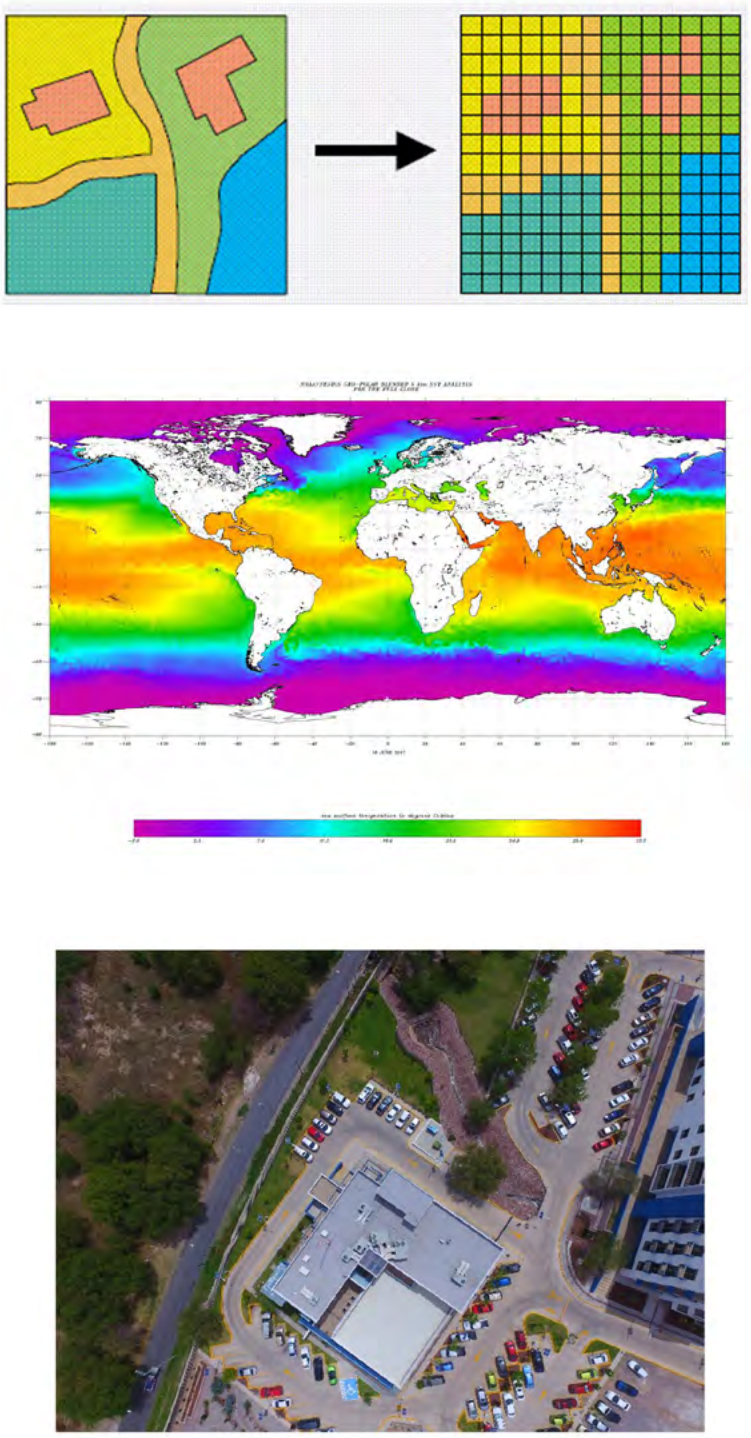
Figura 15.4. Ejemplo de superficies y modelos de elevación.



Fuente: Fuente: imágenes adaptadas de Gis Resources y CHARIM 2017b.

En su forma más simple, un *raster* consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información (figura 15.5).

Figura 15.5. Ejemplos de formato *raster*.



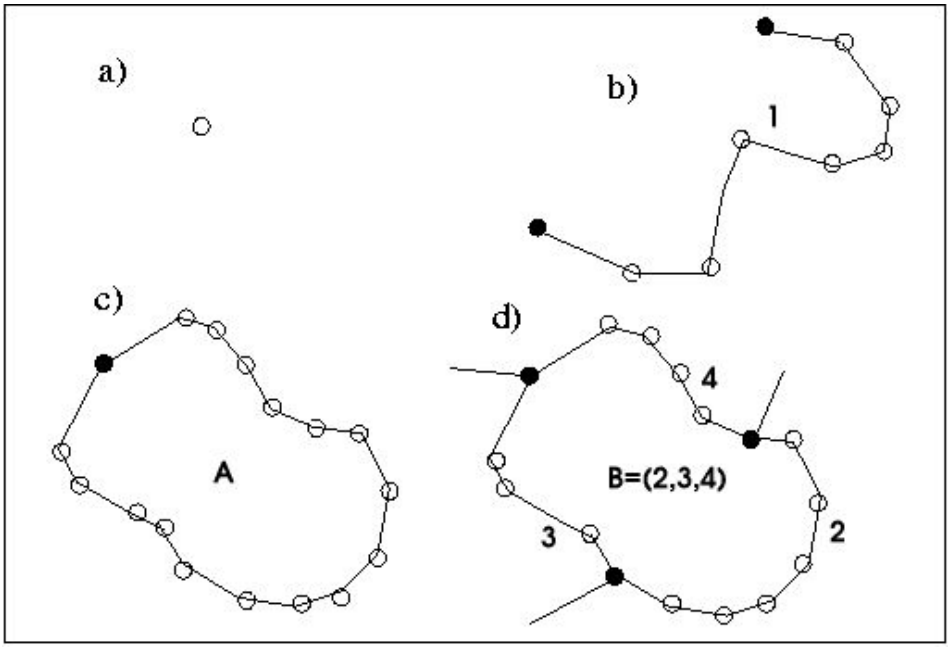
Fuente: Figura adaptada a partir de imágenes tomadas de Gis Resources, NOOA y adquisición propia median UAV (drone multirotor).

Los datos almacenados en formato raster representan fenómenos del mundo real:

- Los datos temáticos (también conocidos como discretos) representan entidades como datos de la tierra o de uso de la tierra.
- Los datos continuos representan fenómenos como la temperatura, la elevación o datos espectrales, entre ellos imágenes satelitales y fotografías aéreas.
- Las imágenes incluyen mapas escaneados o dibujos y fotografías de edificios.

Si se considera la realidad como una yuxtaposición de objetos, cualquier entidad que aparezca en el espacio (casas, carreteras, lagos, tipos de roca, etc.) puede modelarse a la escala adecuada como un objeto extraído de la geometría euclidiana. Pueden ser clasificados en función del número de dimensiones en tres tipos (figura 15.6):

Figura 15.6. Tipos de objetos: a) punto, b) línea, c) polígono en formato OO, d) polígono en formato arco-nodo.



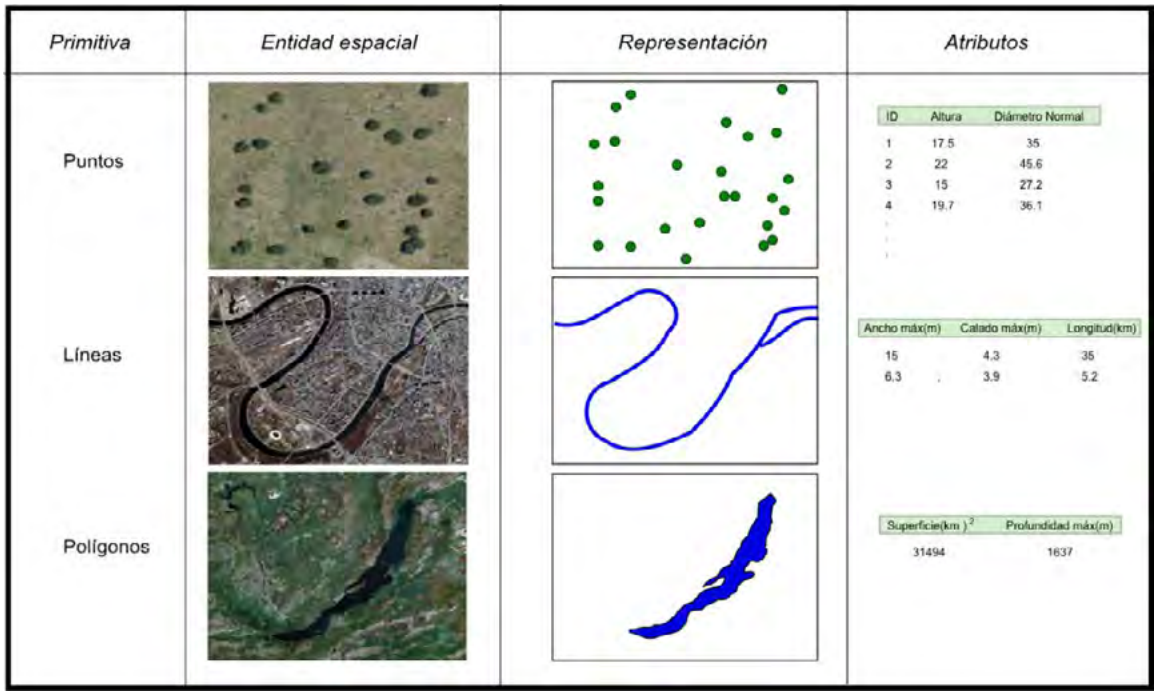
Fuente: Adaptación de Moolenar (1998).

- Objetos puntuales: objetos geométricos de dimensión cero, y su localización espacial se representa por un par de coordenadas (X,Y).
- Objetos lineales: objetos geométricos de dimensión uno, y su localización espacial se representa como una sucesión de pares de coordenadas llamados vértices, salvo el primero y el último, que se denominan nodos.
- Objetos poligonales: objetos geométricos de dimensión dos. Se representan como una línea cerrada o como una sucesión de líneas denominadas arcos.

El escoger un tipo u otro para representar determinado objeto dependerá en gran manera de la escala y del tipo de abstracción que se pretenda hacer, de forma similar a lo que ocurre en la generalización cartográfica. Así, una ciudad puede ser puntual o poligonal, y un cauce, fluvial lineal o poligonal.

La información vectorial modela el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos (figura 15.7).

Figura 15.7. Esquemático de la representación vectorial.



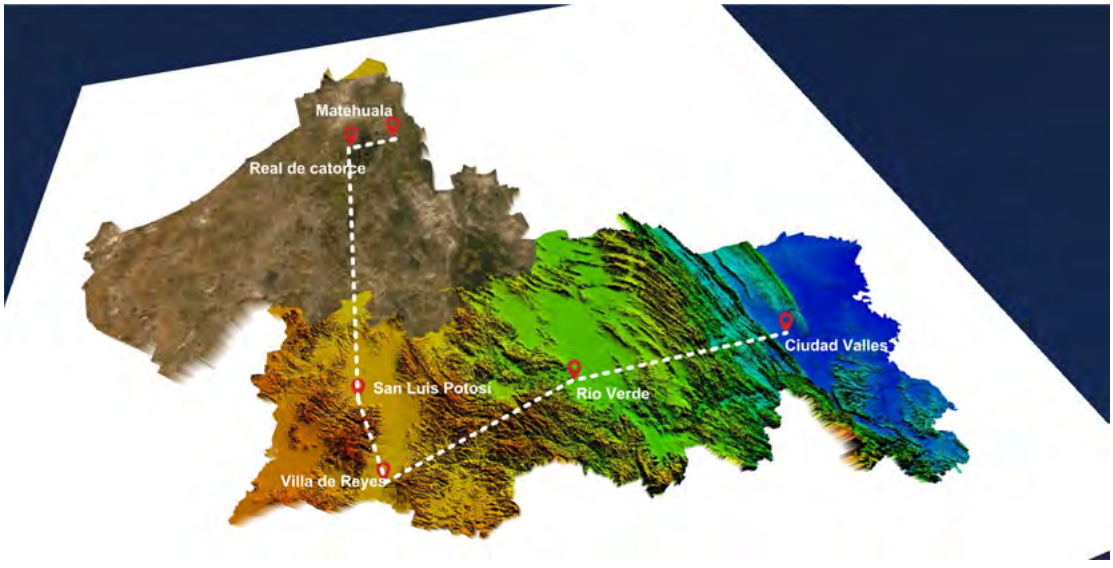
Fuente: Olaya (2012: 88).

Utilizando puntos, líneas o polígonos, puede modelarse el espacio geográfico si a estas geometrías se asocian una serie de valores definitorios. Con estos conceptos y modelos de ambiente real se consigue trasladar el espacio a un dominio digital que representa la realidad con un alto grado de certidumbre. En el siguiente apartado se aplican los conceptos mencionados anteriormente para desarrollar el recorrido virtual por San Luis Potosí.

Recorriendo san luis potosí

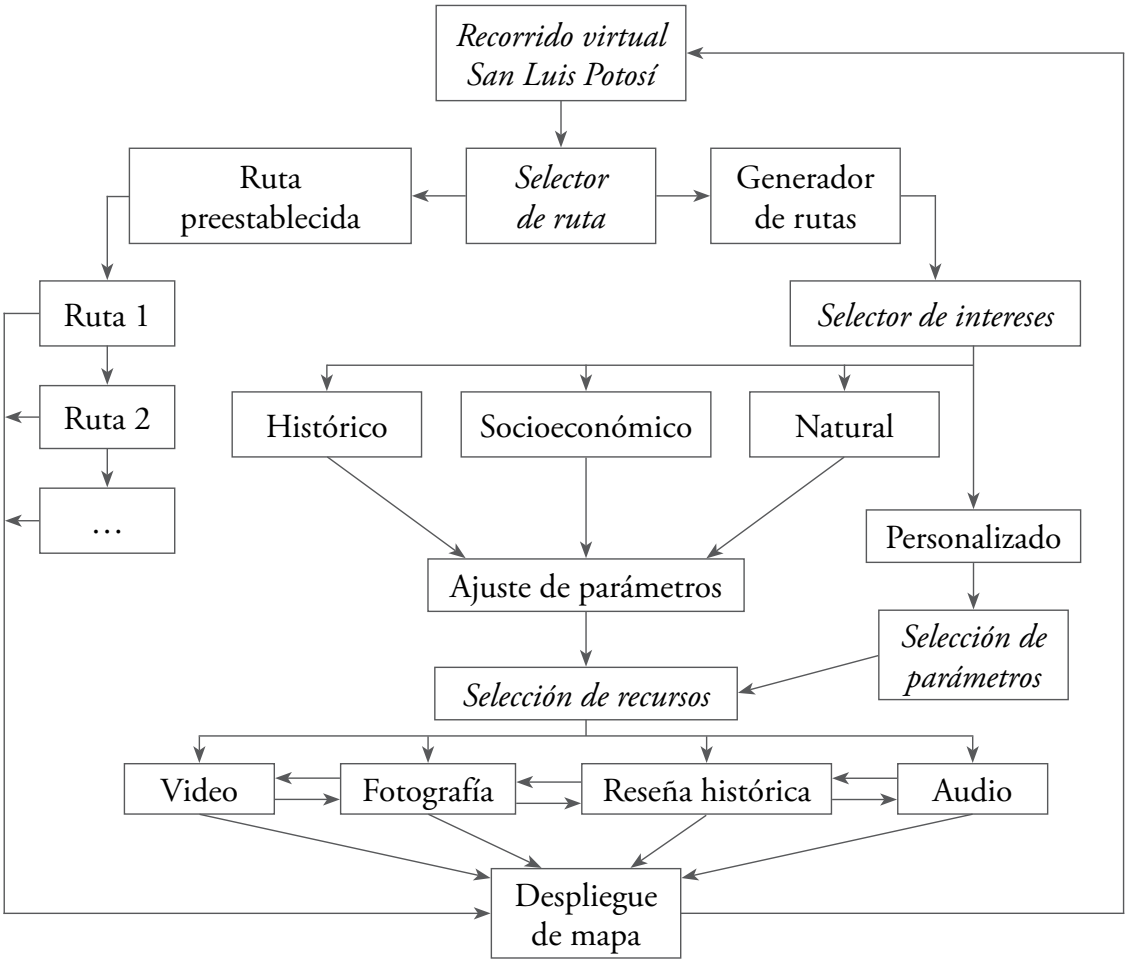
El aplicativo "Viaje virtual por San Luis Potosí" (en proceso de desarrollo) se encontrará disponible dentro del micrositio "Paisaje, cultura e historia de San Luis Potosí", con dirección electrónica por definirse, en la sección "Recorriendo San Luis Potosí". En esta primera etapa de desarrollo y prueba, estará habilitado un primer trayecto, mostrado en la figura 15.8. Este trayecto traza un perfil altitudinal que recorre el estado de oeste a este, pasando por varias subprovincias fisiográficas. En su trayecto, se podrán observar sitios históricos como Real de Catorce y Charcas, así como diversos paisajes de vegetación característica del estado. Es una ruta inicial que visualizará la potencialidad de

Figura 15.8. Trayecto preestablecido como ruta de prueba, integrado en el aplicativo de recorrido virtual.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.9. Esquema general de los módulos y funciones del aplicativo "Recorrido virtual por San Luis Potosí".

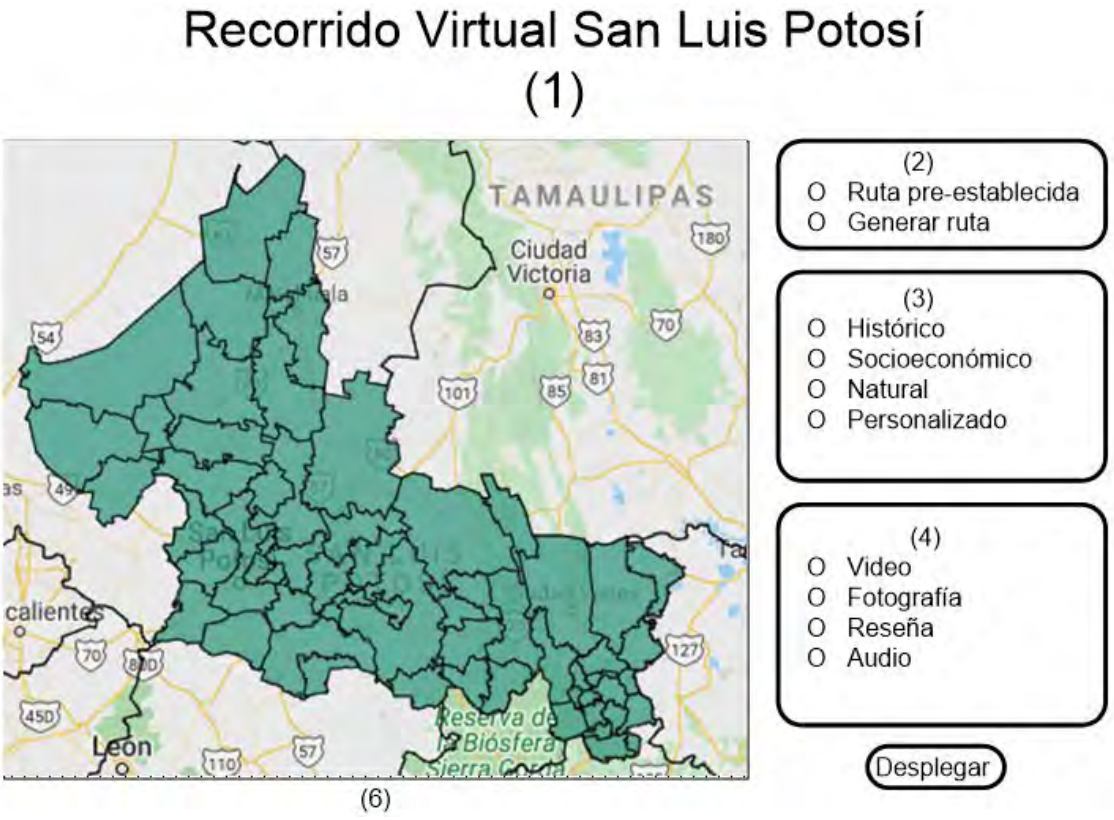


Fuente: Elaboración propia

uso de recorridos virtuales y con opción de que el usuario pueda generar sus propias rutas de acuerdo con su interés de conocimiento del estado.

El material disponible, así como el flujo de información, se encuentra explicado en el esquema de la figura 15.9. Toda la información recopilada es parte del patrimonio del estado de San Luis Potosí, ya sea en un ambiente histórico, cultural o relacionado con su flora y fauna. Se tiene desarrollada una ruta preliminar (paulatinamente se integrarán más trayectorias) de San Luis Potosí, donde el lector puede conocer, desde la comodidad de su casa, y por medio de una experiencia de viaje virtual e interactivo, las principales zonas de interés del estado. La información e interfaz de comunicación con el usuario/lector

Figura 15.10. Esquema de la distribución de los módulos y funciones de la interfaz principal. (1) Presentación de la aplicación, (2) opciones de ruta, (3) menú temático, (4) selector de recursos, (5) botón "Desplegar"; este elemento ejecutará los parámetro establecidos para visualizar los datos en la sección (6) "Área de despliegue de datos" (visualizador de información).



se estará actualizando hasta identificar la más adecuada que permita generar rutas a decisión del usuario, así como permitir exportar la información previsualizada en la aplicación. Los principales recursos de que dispone el modelo desarrollado son videos de la zona (paisaje, vida natural, monumentos y sitios históricos), fotografías (paisajes, vegetación y fauna local, monumentos, cultura), audios (narrativas cortas de hechos importantes, sonidos de naturaleza) y textos culturales y de importancia histórica.

En la figura 15.10 se muestra un esquema de los módulos e información más relevante que contendrá la interfaz de la aplicación. De manera básica, existen dos zonas principales, la de configuración y la de visualización. La zo-

na de configuración se encuentra del lado derecho de la pantalla y consiste en elegir el tipo de ruta, ya sea una preestablecida, o generar una propia; una vez seleccionada una opción, se podrá seleccionar algún interés personal. En este caso, se puede elegir entre conocer información histórica, socioeconómica, natural, o bien un modo personalizado (incluye, de manera simultánea, toda la información disponible). Posteriormente, se elige el tipo de recursos: videos, fotografías, reseñas y audios. Y finalmente, mediante el botón de desplegar, todas las opciones elegidas que serán cargadas de manera automática en la zona de la izquierda (área de visualización), lo que permitirá al usuario explorar entre la información disponible de acuerdo con los parámetros de búsqueda proporcionados.

La meta del aplicativo es conocer el estado de San Luis Potosí y obtener registros, de manera rápida, de zonas de alto interés en alguna de las temáticas disponibles. En un principio, se cuenta con una prueba piloto con rutas e información limitada, la cual se estará actualizando hasta poder identificar el mecanismo de interacción más adecuado y completar el hospedaje de toda la información con que se cuenta. Las principales capacidades del aplicativo que se vislumbran son:

- Trazado automatizado de rutas de acuerdo con el interés del usuario.
- Generación de ruta personalizada completamente por usuario.
- Permitir descarga (con derechos de autor) del material visualizado.
- Permitir la asimilación de información por parte del usuario, maximizando la información dentro del portal.

Referencias

inegi, (2001). *Colección: cartas fisiográficas.* Edición 2001, escala 1:1000000. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Molenaar, M. (1998). *An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS (Research Monographs in GIS).* Primera edición. CRC Press.

Olaya, V. (2012). *Sistemas de información geográfica.* Tomo. I. Tercera edición. Algunos derechos reservados. Creative Commons (CC BY).

Fotografías de entradas de sección y capítulos.

Página	*Imagen*	*Créditos*
16	Imagen aérea de La Joya Honda, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
20	Paisaje de San Luis Potosí, Sierra de Álvarez.	Gerardo Sánchez Vigil, 2018.
22	Un mosaico del paisaje potosino.	Gerardo Sánchez Vigil, 2018.
48	Vista de una región en proceso de transformación a uso de suelo agrícola.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
60	Las inundaciones producen grandes pérdidas materiales, sobre todo en las comunidades más pobres.	Gerardo Sánchez Vigil, 2010.
80	Vista aérea Real de Catorce, San Luis Potosí.	Gerardo Sánchez Vigil, 2018.
82	Yuca y Peñón de Bernalejo de la Sierra de San Miguelito vistos desde el Valle de San Francisco, San Luis Potosí.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
114	Biznaga con cabuches.	Gerardo Sánchez Vigil, 2018.
116	Yucas, arbustos y cactáceas del paisaje árido de San Luis Potosí	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
126	Vista de un encinar arbustivo.	Arturo De-Nova, 2014.
160	Salamandra multidentada, *Chiropterotriton multidentata*. Serpiente rey mexicana, *Lampropeltis mexicana*. Cascabel oscuro de Querétaro, *Crotalus aquilus*.	Iván T. Ahumada Carrillo, 2016; Herp.mx; Herp.mx.
198	Impresionante paisaje de la Cascada de Micos que la naturaleza nos ofrece: un excelente contraste de colores, el verde la vegetación, el blanco de las cascadas y el azul turquesa del agua sulfatada.	José Alfredo Ramos Leal, 2017.
242	Los ríos y las selvas son la identidad del paisaje natural de la Huasteca Potosina.	Gerardo Sánchez Vigil, 2021.
244	Paisaje rumbo a Tamasopo, de la sierra a los valles.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
322	Maguey con quiote.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
358	Peyote (*Lophophora williamsii*), especie sujeta a protección especial, cuyas poblaciones en el Altiplano Potosino se están viendo afectadas por la extracción ilegal y el cambio de uso de suelo.	Joel Flores Rivas, 2021.
378	Bosque de pino-encino en la Sierra El Camarón.	Pedro Castillo Lara, 2018.
398	Vista del matorral submontano.	Joel Flores Rivas, 2021.
414	Hoy en día tenemos el reto de hacer compatible la conservación de la naturaleza y el desarrollo.	Gerardo Sánchez Vigil, 2021.
416	Un aspecto de la geomorfología y la vegetación del paisaje de San Luis Potosí.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
440	Pata de Elefante en la reserva de la biosfera Sierra del Abra Tanchipa.	Gerardo Sánchez Vigil, 2019.
442	Para entender a San Luis Potosí y su biodiversidad, complejidad orográfica, historia y cultura una alternativa es a partir de los recuerdos adquiridos a través de una lente. Bienvenidos a este recorrido por este hermoso estado.	José Tuxpan Vargas

San Luis Potosí. Historia, cultura y paisaje. El paisaje, coordinado Sergio Guevara Sada y Patricia Moreno-Casasola, se terminó de imprimir el 4 de octubre de 2024 en los talleres de Editorial Ducere S. A. de C. V., Cerrada de Gavilán 26, Colonia Barrio de San Miguel, C.P. 09360, Alcaldía Iztapalapa, Ciudad de México, tel. 55 5680 2235. La composición tipográfica se realizó en Editorial Página Seis, S. A. de C. V., Lorenzo Barcelata 5105, col. Paraíso Los Pinos, C.P. 45239, Zapopan, Jalisco, tel. 33 3657 3786. La edición estuvo al cuidado de la Unidad de Publicaciones de El Colegio de San Luis. El tiraje fue de 500 ejemplares.

Sergio Guevara Sada
Patricia Moreno-Casasola
(coordinadores)

San Luis Potosí.
Historia, cultura y paisaje

El Paisaje

COLECCIÓN INVESTIGACIONES / ESTUDIOS HISTÓRICOS

Este libro está dedicado a mostrar al paisaje como la fórmula que permite integrar la diversidad biológica, cultural y la historia del estado de San Luis Potosí. Es una visión imprescindible para los especialistas, los estudiosos y los potosinos, que aspiran a pensar el futuro del Estado y diseñar su destino. Los autores reunidos son destacados especialistas en los distintos aspectos de la diversidad, que perfilaron un paisaje nuevo y distinto de San Luis Potosí.

Es esta una lectura indispensable para detener el deterioro y las pérdidas que ocasiona el uso indiscriminado de los recursos naturales en los planes vigentes de crecimiento y desarrollo económico. Los capítulos de este volumen están enfocados en el aspecto físico del territorio: el suelo, su forma y relieve, la hidrología y el clima; en la distribución de las plantas y los animales y en su uso como recursos naturales.

Es nuestro deseo que el manejo del paisaje del Estado permita revertir los procesos de deforestación y degradación mediante acciones como el desarrollo de sistemas productivos sustentables, el impulso a la restauración ecológica y la participación comunitaria en las tareas de conservación, el monitoreo y la vigilancia, y en el desarrollo de la educación ambiental para la sustentabilidad y para el fortalecimiento de la gobernanza ambiental.

EL COLEGIO
DE SAN LUIS

Universidad Veracruzana
Dirección Editorial