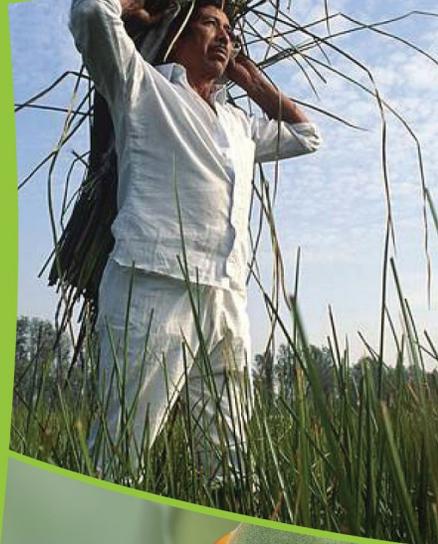


La biodiversidad en la

de **Ciudad**
México

Volumen

III



Primera edición, 2016

D.R. © 2016 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Liga Periférico–Insurgentes Sur 4903 Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 México, D. F. <http://www.conabio.gob.mx>

D.R. © 2016 Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Plaza de la Constitución No. 1. Col. Centro. C.P. 06068. Del. Cuauhtémoc, Ciudad de México. <http://sedema.cdmx.gob.mx>

ISBN CONABIO OBRA COMPLETA: 978-607-8328-71-0

ISBN SEDEMA OBRA COMPLETA: 978-607-9206-01-7

ISBN CONABIO VOLUMEN: 978-607-8328-75-8

ISBN SEDEMA VOLUMEN: 978-607-9206-04-8

Forma de citar:

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). 2016. *La biodiversidad en la Ciudad de México*. CONABIO/SEDEMA, México.

Coordinación y seguimiento general CONABIO¹ y SEDEMA²:

Andrea Cruz Angón¹

Juan Arturo Rivera Rebolledo²

Edith Georgina Cabrera Aguirre²

Erika Daniela Melgarejo¹

Héctor Perdomo Velázquez

Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza

Compilación y edición técnica y científica:

CONTEXTO FÍSICO: Silke Cram Heydrich y María del Pilar Fernández Lomelín; **CONTEXTO HISTÓRICO Y SOCIAL:** José Antonio Rosique y Sergio Alejandro Méndez Cárdenas; **MARCO INSTITUCIONAL Y NORMATIVO:** Salvador Muñúzuri Hernández y Javier Riojas Rodríguez; **DIVERSIDAD DEL PASADO:** Joaquín Arroyo Cabrales y Felisa Josefina Aguilar Arellano; **DIVERSIDAD DE HONGOS Y PLANTAS:** Rafael Torres Colín; **DIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS:** Zenón Cano Santana, Víctor López Gómez e Iván Castellanos Vargas; **DIVERSIDAD DE VERTEBRADOS:** Uri Omar García Vázquez; **DIVERSIDAD GENÉTICA:** Guadalupe Méndez Cárdenas; **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS:** Lucía Oralia Almeida Leñero; Irene Pisanty Baruch y Teresa González Martínez; **EXPERIENCIAS Y OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN:** Juan Arturo Rivera Rebolledo y Guadalupe Méndez Cárdenas; **HACIA LA ESTRATEGIA:** Oscar Báez Montes y Andrea Cruz Angón.

Corrección de estilo:

José Pulido Mata, Erika Daniela Melgarejo, Karla Carolina Nájera Cordero, Héctor Perdomo Velázquez, Jessica Valero Padilla.

Diseño y formación:

Vianney González Luna, Víctor Manuel Martínez Beltrán.

Gráficas: Vanessa Guadalupe Ramos Urzúa.

Cartografía:

Leonardo Calzada Peña, Jessica Valero Padilla y Diego David Reygadas Prado.

Cuidado de la edición:

Vianney González Luna, Erika Daniela Melgarejo, Karla Carolina Nájera Cordero, Andrea Cruz Angón, Héctor Perdomo Velázquez, Jessica Valero Padilla, Jorge Cruz Medina.

Revisión técnica de textos³ y listados de especies⁴:

Esteban Benítez Inzunza³, Oscar Báez Montes³, Karla Carolina Nájera Cordero³, Elizabeth Campos Sánchez³, María Elena García Granados³, Rafael Eduardo Pompa Vargas³, Gonzalo Pino Farias³, Ana Laura García López³, Sara González Pérez³, Saúl López Alcaide³, Ramón Cecaíra Ricoy³, Inti Burgos Hidalgo³, Yajaira García Fera³, María Zorrilla Ramos³, Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza³, Héctor Perdomo Velázquez^{3,4}, Raúl González Salas⁴, Martha Alicia Reséndiz López⁴, Susana Ocegueda Cruz⁴, Dulce Parra Toris⁴, Margarita Hermoso Salazar⁴, Claudia Sarita Frontana Uribe⁴, Alberto Romo Galicia⁴, Diana Hernández Robles⁴ y Adriana Iraní Hernández Abundis⁴.

Agradecimientos: El Gobierno de la Ciudad de México a través de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Fernando Camacho, María Alejandra González Gutiérrez, Martha Beatriz Vega Rosales, Javier Riojas Rodríguez y José Francisco Bernal Stoopan, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales de la elaboración de esta obra.

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

Fotografías de la portada:

Corrión serrano (*Xenospiza baileyi*) de Manuel Grosselet/Banco de Imágenes CONABIO.

Hombre en Xochimilco de Adalberto Ríos Szalay/Banco de Imágenes CONABIO.

Magüey (*Agave salmiana*) de Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes CONABIO.

Mariposa cometa (*Pterourus multicaudatus*) Carlos Enrique Galindo Leal/Naturalista.

Impreso y hecho en México

Printed and made in Mexico

Presentación

Dr. José Sarukhán Kermez

Coordinador Nacional de la CONABIO

El libro *La biodiversidad en la Ciudad de México* representa un avance significativo para la difusión del conocimiento sobre la diversidad biológica y su importancia para los habitantes de la capital del país.

La obra contiene la información, más confiable y actualizada hasta el momento, sobre la situación actual del patrimonio biológico de la entidad. Las distintas personas de la estructura gubernamental, la academia y la sociedad civil de la ciudad podrán consultarla y utilizarla como elemento base para tomar decisiones, diseñar estrategias de planeación y realizar nuevas investigaciones, aplicadas o básicas, en beneficio del desarrollo sustentable de esta entidad.

Este *Estudio de Estado de la Biodiversidad* es una “fotografía instantánea” del conocimiento y estado de conservación de la biodiversidad en la entidad, por lo que será necesario mantener los esfuerzos para continuar incrementando el conocimiento del capital natural de la ciudad, conforme éste se va produciendo, así como para implementar acciones que ayuden a su conservación y utilización sustentable para beneficio no sólo de las personas dueñas de las áreas donde se encuentra ese capital natural, sino de toda la sociedad.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad, la identificación y el registro de los cambios, y apoyarán la difusión de esta obra; sólo de esta manera se aplicará y será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la ciudad.

Cabe resaltar que esta obra es un eslabón fundamental para la elaboración e instrumentación de la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en la Ciudad de México*, la cual tiene como objetivo fundamental establecer las prioridades para conservar y hacer uso racional del capital natural, incluidos los servicios ambientales que ese capital provee en beneficio de la sociedad de esta entidad.

La Ciudad de México es una entidad de avanzada en materia de derechos humanos. Las recientes reformas constitucionales que han dado el estatus de estado al anterior Distrito Federal, ahora Ciudad de México, abren una excelente ventana de oportunidad para reformar y armonizar el marco normativo de esta entidad e integrar de una manera más significativa consideraciones de conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las políticas públicas. La formulación de una constitución para la entidad 32 de México propiciará circunstancias favorables para asegurar que la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos presentes en la ciudad se integren como un derecho de los capitalinos a un ambiente sano, tal como lo marca el artículo 4º de nuestra Carta Magna.

La biodiversidad en la Ciudad de México proporciona argumentos que deben ser tomados en cuenta para este proceso de reformas políticas que encarará la ciudad en un futuro próximo.

Agradecemos el compromiso y dedicación de los más de 170 autores pertenecientes a 31 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, sin los cuales no hubiera sido posible la elaboración de este libro, los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

Este volumen es un valioso legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de la Ciudad de México.

Contenido

Volumen III

13 Introducción

16 SECCIÓN 8. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

19 Resumen ejecutivo

22 Introducción a los servicios ecosistémicos

28 Servicios de soporte

50 *Estudio de caso:* El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos

70 Servicios de provisión

115 *Estudio de caso:* Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena

127 Servicios de regulación

202 *Estudio de caso:* Las barrancas generadoras de servicios ecosistémicos: el caso de la barranca del río San Borja

215 Servicios culturales

230 Tendencia histórica en la generación de los servicios ecosistémicos

236 Valoración económica de los servicios ecosistémicos

240 *Estudio de caso:* Xochimilco: su importancia en la provisión de servicios ecosistémicos

256 Hacia la recuperación y protección de los servicios ecosistémicos

258 SECCIÓN 9. EXPERIENCIAS Y OPORTUNIDADES

261 Resumen ejecutivo

262 Introducción de las experiencias y oportunidades de conservación

267 Antecedentes históricos de conservación

279 Estrategias de conservación de la biodiversidad

285 Áreas naturales protegidas

295 Áreas verdes urbanas

308 *Recuadro:* Viveros

310 *Recuadro:* El problema de los muérdagos en el arbolado urbano

313 Áreas de valor ambiental

Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena

Julieta Jujnovsky
Marisa Mazari Hiriart
Enrique Cantoral Uriza
Teresa González Martínez
Lucía Almeida Leñero

Introducción

La cuenca del río Magdalena (CRM) sirve como modelo de estudio para conocer los servicios ecosistémicos del suelo de conservación de la Ciudad de México (sc). Esta zona recibe diversas denominaciones como: zona protectora de los bosques de la cañada de contreras, zona protectora forestal del río de la Magdalena o simplemente “Los Dinamos”. En este estudio de caso se sintetiza la información disponible para la zona a través de la caracterización ambiental, la identificación de los servicios ecosistémicos y de las principales amenazas del área.

Descripción ambiental

La CRM representa 4% del sc, se localiza en el límite suroeste de la cuenca de México, a los 19° 15' N y 99° 17' 30" O, dentro de la Faja Volcánica Transmexicana, en la vertiente occidental de la sierra de las Cruces; en su área natural ocupa una superficie de 30 km², con un intervalo altitudinal de los 2 470 a los 3 870 msnm (figura 1) (Ávila-Akerberg 2004). En esta cuenca nace el río Magdalena, a los 3 550 msnm en la zona de Cieneguillas, producto de escurrimientos y manantiales de los cerros La Palma, Gavilán y Muñeco (Legorreta 2009). Recibe además diversos escurrimientos a lo largo de sus 21.6 km de cauce (12 km dentro del área de conservación) desciende abruptamente a lo largo

de la zona conocida como parque de Los Dinamos, y fluye a través de las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras y Coyoacán.

El río Eslava es el principal afluente del río Magdalena, se origina en la sierra del Ajusco a 3 350 msnm a partir de los escurrimientos de los cerros Las Canoas, Tarumba y Sasacapa, con aportes de las cañadas Agua Escondida y Atzoma, además de ser el límite entre las delegaciones Tlalpan y La Magdalena Contreras (Legorreta 2009). El río Eslava se une al Magdalena en la zona urbana y se adentra en la ciudad a cielo abierto hasta la presa Anzaldo en donde es entubado y dirigido al río Churubusco (Álvarez 2000), posteriormente recorre 13.4 km hasta desembocar en el colector de la avenida río Churubusco. Durante su recorrido, el río Magdalena transcurre 52% en el área natural y 48% en el área urbana (PUMA y UNAM 2009).

La naturaleza de las rocas que afloran en la CRM (andesitas y basaltos fracturados o piroclastos) es fundamental en los procesos de infiltración de agua de lluvia. Su posición topográfica alta le imprime una buena cantidad de energía cinética al agua infiltrada, la cual permite que emerja a la superficie en distancias relativamente cortas (flujos locales) o bien trasladarse a lugares relativamente distantes (flujos intermedio y regional), donde aflora por medio de manantiales o en pozos de

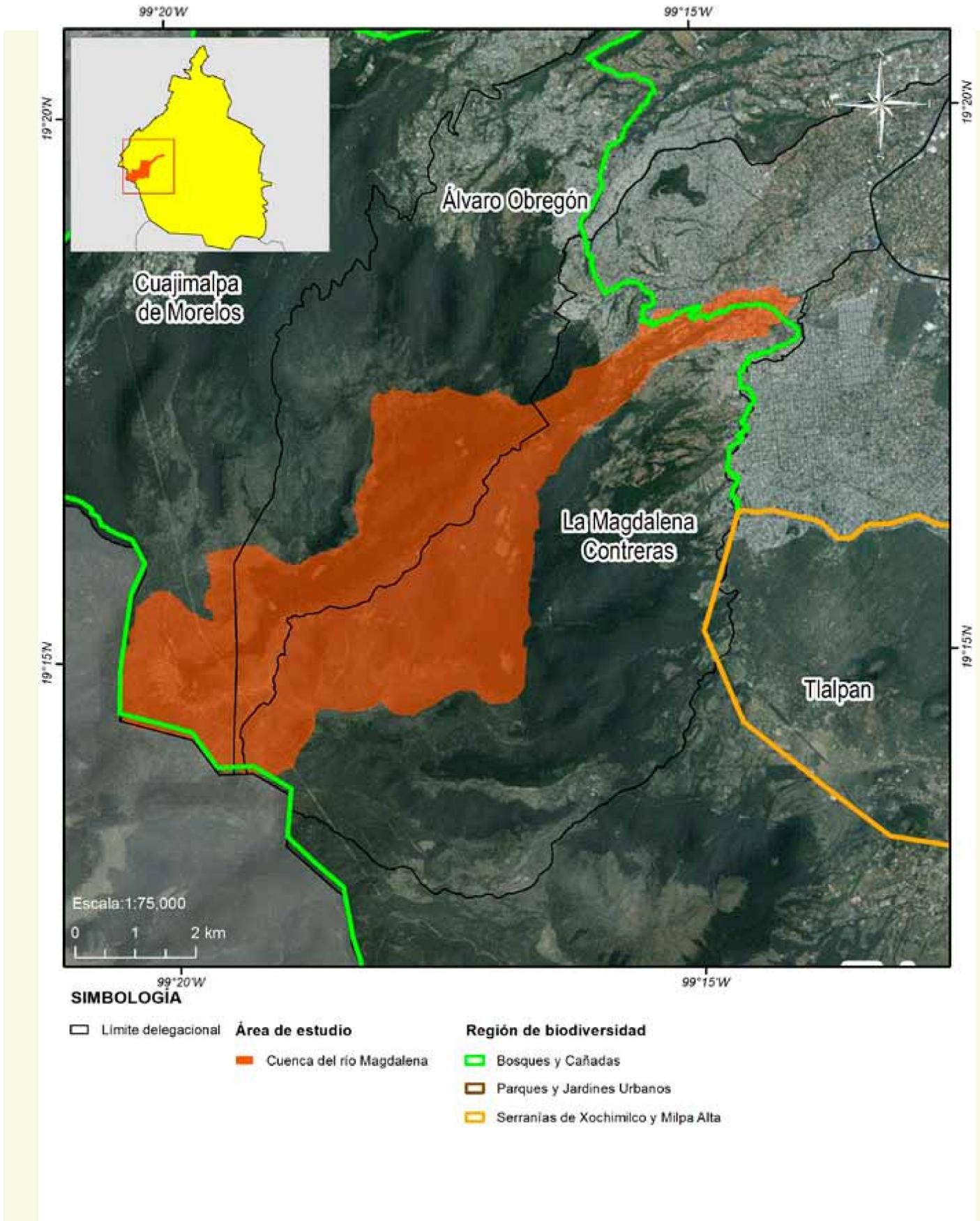


Figura 1. Localización de la cuenca del río Magdalena. Fuente: elaboración propia.

extracción. Los suelos son de buena calidad, debido a que presentan una cantidad aceptable de materia orgánica en los horizontes superficiales (>6%), son ligeramente ácidos (pH 6-6.5), con entre 30 y 60% de humedad, poco pedregosos y con buena fertilidad, estas condiciones aunadas a su topografía accidentada permiten que tengan una aptitud forestal (León 2011).

El clima es templado en las partes más bajas (2 620 - 2 750 msnm) con una temperatura media anual entre 12 y 18° C y una oscilación térmica anual entre 5 y 7° C mientras que en las zonas altas (2 750 - 3 800 msnm) el clima es semifrío, con una temperatura de 5 a 12° C y con una variación de la temperatura menor de 5° C (figura 2); siendo el mes de mayo donde se registra la máxima temperatura (Dobler 2010). La región se afecta por los sistemas de circulación atmosférica que definen la época húmeda y lluviosa en el verano (junio a octubre, siendo julio el mes con mayor cantidad de precipitación) y la seca (abril a mayo). La cantidad de lluvia recibida fluctúa entre 900 y 1 300 mm anuales y registra menos de 5% de lluvia invernal con respecto al total anual (Dobler 2010).

La CRM es un importante remanente de vegetación para las montañas que rodean la cuenca de México, abarcando 3 000 ha (Ávila-Akerberg *et al.* 2008). En esta área se describen tres tipos de bosques templados. El primero de ellos es el bosque de coníferas dominado por *Pinus hartwegii* presente en las partes más altas (3 420-3 870 msnm), con 1 018 ha (20% de la superficie), asociada con dos comunidades de pastos *Muhlenbergia quadridentata* y *Festuca tolucensis* (figura 3a). El segundo es el bosque de oyamel o *Abies religiosa* (2 750 a los 3 500 msnm) con 1 130.3 ha, que corresponde 38% de la superficie; se asocia con *Roldana angulifolia*, *Acaena elongata* conocida como Cadillo, pega ropa, abrojo (Martínez 1979; Rzedowski *et al.* 2001 y Rzedowski y Calderón Rzedowski 2005) y *Senecio cinerarioides* como jarilla blanca (figura 3b). Finalmente, el bosque

mixto de pino-encino, con tres comunidades *Quercus laurina-Abies religiosa*, *Quercus laurina-Q. rugosa* y *Pinus patula-Cupressus lusitanica-Alnus jorullensis* (figura 3c) (Nava 2003).

Biodiversidad

Las características biofísicas de la CRM originaron que se formara un refugio importante para la riqueza biológica (figura 4), pese a su cercanía a la ciudad. Se han registrado 780 especies de plantas, 111 especies de algas y 194 especies de vertebrados, además de 74 especies de hongos (Cantoral *et al.* 2010) (cuadro 1).

La existencia de 41 especies en alguna categoría de riesgo (protección especial, amenazadas o en peligro de extinción) por la NOM (SEMARNAT 2010), es una muestra de la riqueza en biodiversidad de la cuenca del río Magdalena y alerta sobre la necesidad de establecer lineamientos de manejo ecosistémico para su conservación.

Los servicios ecosistémicos

Los ecosistemas son indispensables para el bienestar de los seres humanos. A los beneficios que se obtienen de los ecosistemas se les llaman “servicios ecosistémicos” y se clasifican en servicios de provisión, de regulación, culturales y de soporte (MA 2003).

La CRM es una zona boscosa que presenta muchos servicios ecosistémicos esenciales para los habitantes de la entidad, entre los más importantes se encuentran los servicios de corte hidrológico, la provisión de agua, tanto superficial como subterránea. El agua que fluye por el río Magdalena representa la fuente más relevante de agua superficial para la Ciudad de México. Éste se considera como el sistema de escurrimiento en mejor estado de conservación y provee cerca de 21 millones de m³/año, con un flujo promedio de 0.67 m³/s con picos en temporada de lluvias de hasta 20 m³/s (González-Martínez 2008, Jujnovsky *et al.* 2010, 2012).

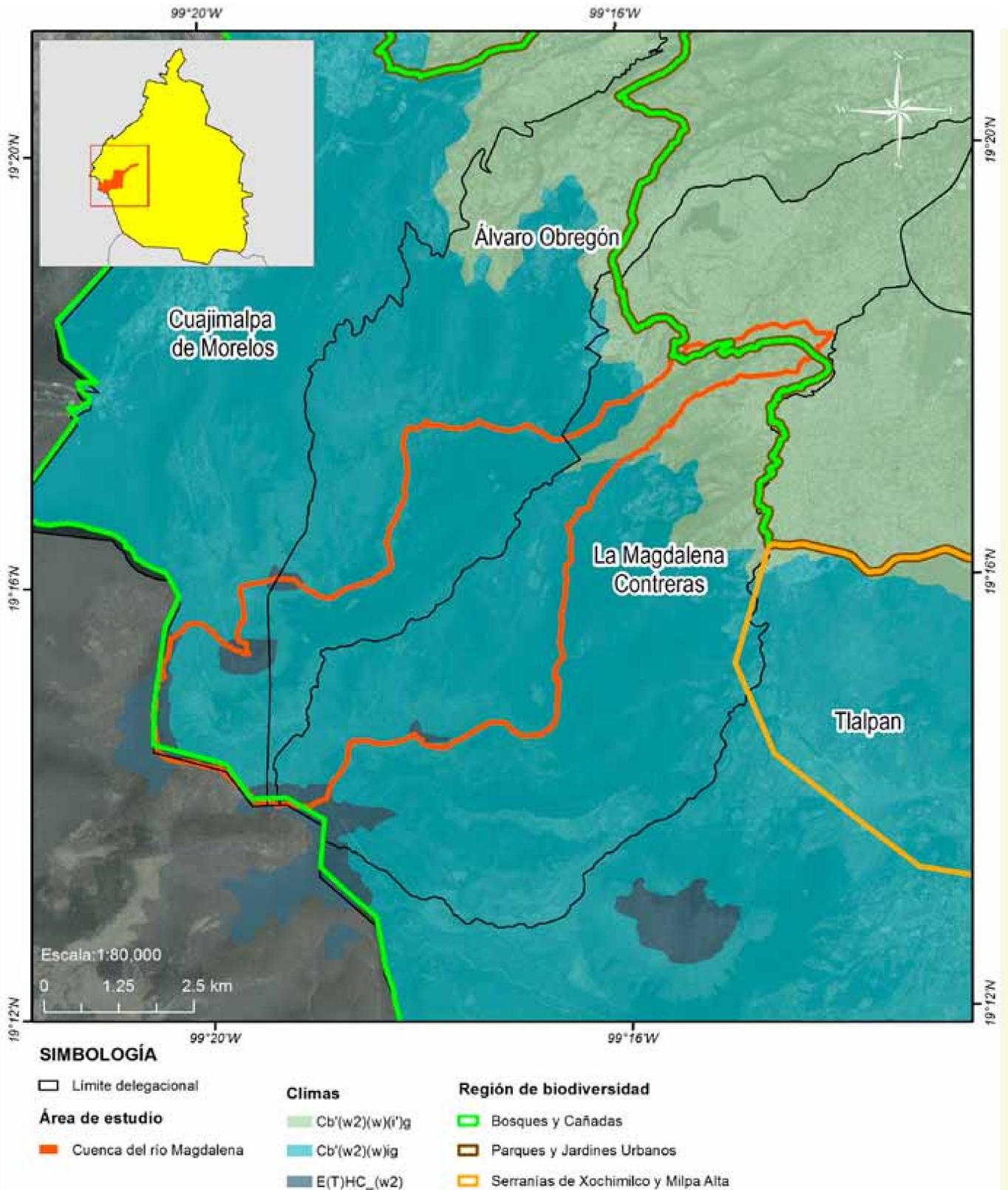


Figura 2. Mapa de climas de la cuenca del río Magdalena. Fuente: elaboración propia con base en Dobler 2010.



Figura 3. Fisonomía de la vegetación en la cuenca del río Magdalena; (a) bosque de *Pinus*, (b) bosque de *Abies* y (c) bosque de *Quercus*. Fotos: Verónica Aguilar 2006, laboratorio de Ecosistemas de Montaña Alya Ramos 2012.

Cuadro 1. Especies de la cuenca del río Magdalena.

Categorías	Algas	Plantas	Hongos Macromicetos	Macro- invertebrados	Mariposas	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos	Total
Familias	29	96	38	14	5	5	5	37	16	245
Géneros	57	334	54	15	31	4	10	92	29	626
Especies	111	780	74	-	36	9	17	128	40	1195
Subespecies	3	70	-	-	-	-	-	-	-	73
Uso	-	187	27	-	-	-	-	18	-	232
Amenazadas	-	3	4	-	-	4	4	1	2	18
En peligro de extinción	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Sujeta a protección especial	-	6	-	-	-	4	2	7	2	21
Endémicas a México	-	120	-	-	-	-	-	-	11	131
% Relativo de la riqueza de especies de la CRM	9.3	65.3	6.2	1.3	3.0	0.7	1.4	10.7	3.3	

Fuente: Cantoral *et al.* 2010.

Diversos estudios muestran que el agua del río Magdalena es relativamente de buena calidad, inclusive para consumo humano en la cuenca alta y media, presenta un cambio gradual de calidad conforme el río fluye hacia la zona baja el cual es notorio al incrementarse las actividades humanas. El cambio de la calidad del agua se va dando de manera gradual, vinculando la variabilidad de las características fisicoquímicas con las modificaciones que sufre

la estructura de las comunidades de diatomeas, así como las densidades de bacterias indicadoras de contaminación fecal, coliformes totales, coliformes fecales, *enterococos* fecales y *Vibrio spp.*, (Bojorge 2006, PUEC y UNAM 2008, Monges 2009, PUMA y UNAM 2009, Morales-Luque 2010, Jujnovsky *et al.* 2010).

En cuanto a los servicios de regulación, la vegetación favorece el control de inundaciones debido a que promueve la estabilidad del suelo

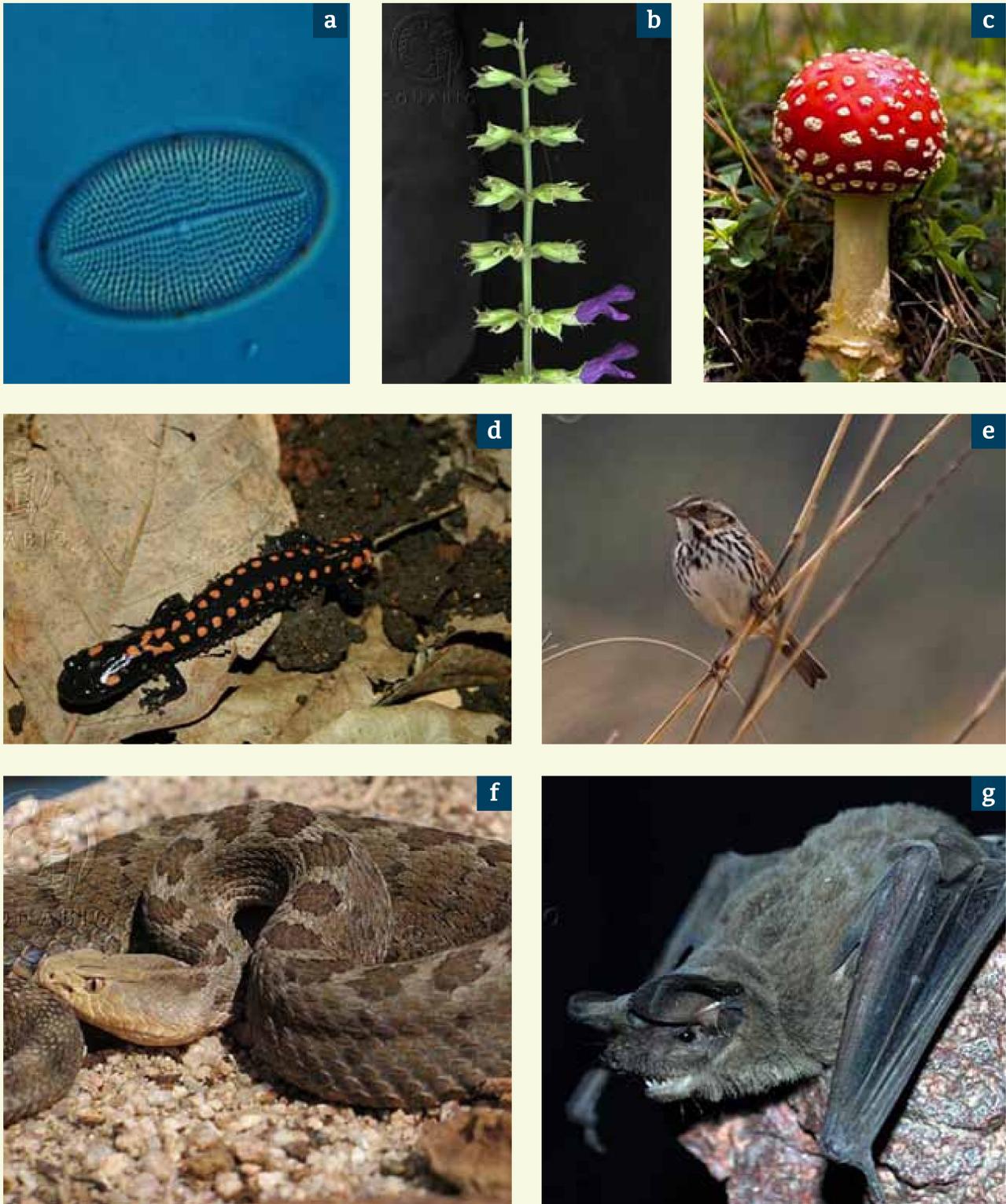


Figura 4. Biodiversidad en la cuenca del río Magdalena: a) micro alga diatomea (*Cocconeis placentula*), foto: Enrique Cantoral Urquiza, b) tacote (*Salvia mexicana*), foto: Pedro Tenorio Lezama c) matamoscas (*Amanita muscaria*), foto: Carlos Eduardo Obregón d) tlaconete pinto (*Pseudoeurycea belli*), foto: Julio César Huitzíl Mendoza, e) gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*), foto: Miguel Ángel Sicila Manzo f) cascabel enana (*Sistrurus ravus*) foto: Victor Hugo Luja y g) murciélago de cola larga (*Tadarida brasiliensis*), Aldo Antonio Guevara Carrizales.

y a mantener el ciclo hidrológico local. Se han establecido 36 presas de gavión, que ayudan a disminuir la velocidad del flujo hídrico por lo que el agua tarda más en fluir a través del cauce del río Magdalena. Sin embargo, ésta es una medida que debe evaluarse ya que se han colocado demasiadas a lo largo del cauce, y esto puede traer consecuencias en la dinámica hidrológica y en la fragmentación del hábitat de los macroinvertebrados que habitan en el cauce del río.

Además de los servicios hidrológicos, el hecho de que casi 70% de la vegetación arbórea esté conservada hace que funcione como pulmón de la ciudad filtrando parte de la contaminación ambiental que se produce en ésta. La presencia de la cobertura vegetal y los procesos como el reciclaje de la materia a través de la caída de hojarasca y su descomposición, tienen como beneficios adicionales la captura y almacenamiento de carbono en suelos y biomasa arbórea (Almeida-Leñero *et al.* 2007, Nava 2006).

El mosaico de vegetación de la CRM alberga una gran riqueza de plantas (Ávila-Akerberg *et al.* 2008). Hay registradas hasta la fecha 187 plantas útiles, 25 de las especies son comestibles. También se tienen registradas 143 plantas medicinales, dentro de los usos más importantes se encuentran las que sirven para curar infecciones del aparato digestivo, respiratorio, urinario e infecciones de la piel (Hernández-Sánchez 2009).

A esta riqueza se añade una gran variedad de hongos comestibles, así como la existencia de una diversidad de fauna nativa de la cuenca de México (Cantoral *et al.* 2009). A su vez, el estado de conservación de sus bosques y la importancia histórica proveen servicios culturales como la belleza escénica o la herencia cultural (Almeida-Leñero *et al.* 2007).

A partir de la síntesis de información generada para la zona y utilizando el marco conceptual del Millennium Ecosystem Assessment (MA 2003), se reconocieron 19 servicios ecosistémicos, los cuales fueron clasificados en servicios de provisión, regulación, culturales y de soporte (cuadro 2).

Amenazas y conservación

En las últimas décadas las actividades humanas introdujeron fuertes cambios en los ecosistemas para satisfacer la creciente demanda por sus servicios. Esta presión se observa en el crecimiento acelerado de la mancha urbana de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). En este contexto, aunque el área natural de la CRM se valora como conservada, existen distintas amenazas que pueden poner en riesgo la capacidad de la cuenca como proveedora de servicios ecosistémicos. La relación entre el uso del suelo habitacional, en especial los sitios de la zona baja de la cuenca donde se ha extendido la mancha urbana dominada por asentamientos irregulares, carentes de sistema de drenaje y alcantarillado tiene un efecto negativo sobre el río.

Las mediciones de la calidad del agua de la cuenca permiten determinar que en el área natural el agua es de buena calidad, aunque persiste la amenaza ocasionada por el libre pastoreo y por el aporte de residuos sólidos generados por las actividades recreativas que ahí se desarrollan (figura 5a). En la zona urbana, la calidad del agua del río disminuye debido a la presencia de descargas de aguas residuales, entre otros factores de deterioro (Facultad de Ciencias-UNAM 2008, Jujnovsky *et al.* 2010) (figura 5b).

Por lo tanto, a corto plazo se requiere controlar el crecimiento urbano en las laderas donde se han desarrollado asentamientos irregulares en zonas de alto riesgo por deslizamientos, que afectan el servicio de regulación de la calidad del agua, debido a los aportes irregulares de aguas residuales. Además, con estos asentamientos se afecta el servicio de provisión de agua derivados de la disminución del área de recarga.

Existen distintos procesos de degradación que tienen que ser atendidos mediante estrategias de manejo. Uno de ellos se relaciona con la erosión hídrica o con los desplazamientos de materiales rocosos y suelo. Asimismo,

Cuadro 2. Servicios ecosistémicos identificados para la cuenca del río Magdalena.

Servicios Ecosistémicos			
Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
1. Agua dulce. Menos de 1% del agua que llueve se infiltra hacia el acuífero profundo, ya que aflora en forma de manantiales. Escurren 20 millones m ³ de agua en el río, permitiendo que más de 30% de esta agua se aproveche para abastecimiento urbano.	1. Regulación de la calidad de agua. La zona natural presenta especies algales características de aguas limpias poca densidad de bacterias indicadoras de contaminación fecal y bajos niveles de nutrientes.	1. Recreación. La parte baja y media de la cuenca tiene áreas de esparcimiento que reciben aproximadamente 120 mil personas al año.	1. Productividad primaria. Los mayores valores de productividad primaria se encuentran hacia la parte baja de la zona natural.
2. Alimentos. El suelo natural provee plantas como la dalia de campo (<i>Dahlia pinnata</i>) de la cual se consume la raíz, hongos comestibles como el pambazo (<i>Boletus edulis</i>), algas y animales comestibles como la trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) que es cultivada en estanques para su venta en la zona.	2. Almacenamiento de carbono. El estrato arbóreo del bosque de <i>Abies</i> almacena en promedio 58 tC/ha y el bosque de <i>Pinus</i> 44 tC/ha.	2. Herencia cultural. Existe una fuerte herencia cultural asociada al bosque, por la presencia de poblaciones que datan desde hace más de 700 años, con vestigios arqueológicos. En la actualidad se hacen ceremonias religiosas.	2. Ciclo de nutrientes. La tasa de descomposición de la materia orgánica muerta en el suelo es rápida. Se han registrado valores altos de N y C en el piso altitudinal medio del bosque de <i>Abies religiosa</i> , lo cual podría explicarse por la alta productividad del sistema y una descomposición un poco más lenta en comparación con el bosque mixto y de <i>Quercus</i> .
3. Recursos genéticos. Son un reflejo de la diversidad de la zona. Se tiene registro de 1 195 especies en las que se incluyen algas, plantas, hongos y vertebrados. Al menos 143 especies tienen propiedades medicinales.	3. Polinización. Se registran especies polinizadoras de colibríes (<i>Hylocharis leucotis</i> , <i>Lampornis clemenciae</i> y <i>Eugenes fulgens</i>) y murciélagos (<i>Anoura geoffroyi</i> y <i>Choeronycteris mexicana</i>).	3. Belleza escénica. El bosque, el río, las cascadas y los manantiales, contribuyen a crear un clima de armonía en el cual los visitantes disfrutan del paisaje.	3. Formación de suelos. Estos procesos continúan en la zona natural, ya que en la porción urbana la mayor parte de la superficie está pavimentada.
4. Maderas, fibras y no maderables. Existen algunos recursos no maderables con potencial para su aprovechamiento, como son plantas medicinales y de ornato, conos y especies forrajeras.	4. Regulación de plagas y enfermedades. Se han identificado especies controladoras de plagas y enfermedades, principalmente aves y hongos.	4. Valor educativo y científico. Esta zona ha fomentado la formación de investigadores de distintas instituciones de educación, lo que ha permitido entender muchos procesos ambientales y sociales que ocurren en la zona. Asimismo existen actividades enfocadas a la educación ambiental promovidas por comuneros, instituciones educativas y dependencias de los tres órdenes de gobierno.	4. Mantenimiento de la biodiversidad. Es un espacio que sirve de refugio y hábitat de especies. Hasta el momento se tienen reportadas en la zona natural las siguientes especies, las cuales conforman parte de su biodiversidad: 780 especies de plantas vasculares y no vasculares 194 especies de vertebrados 111 especies de algas 74 especies de hongos micromicetos
	5. Regulación de poblaciones. Las especies insectívoras de aves y de lagartijas, colaboran en mantener en equilibrio a las poblaciones de insectos. Cuatro especies de aves rapaces regulan las poblaciones de otras aves y de roedores. Los mamíferos carnívoros como lince (<i>Lynx rufus</i>), comadreja (<i>Mustela frenata</i>), zorra (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>) y coyote (<i>Canis latrans</i>), y las serpientes de cascabel como <i>Crotalus transversus</i> y <i>C. ravus</i> , contribuyen a mantener las poblaciones de roedores, lagartijas y anfibios.		

Cuadro 2. Continuación

Servicios Ecosistémicos			
Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
	6. Regulación de inundaciones y remoción de masa. La vegetación de la CRM favorece a que no haya remoción en masa en el área y a mantener el ciclo hidrológico local.		
	7. Regulación de la erosión. La vegetación conservada de la zona natural contribuye a controlar los procesos erosivos, lo que se refleja en la baja cantidad de sólidos suspendidos en el río.		
	8. Dispersión de semillas. Existe registro de numerosas especies dispersoras de semillas, principalmente aves (córvidos, la tortolita común, tordos, pájaros semilleros, el zanate, y especies de gorriones), roedores y ardillas.		

Fuentes: Almeida-Leñero *et al.* 2007, Facultad de Ciencias-UNAM 2008, Cantoral *et al.* 2010.



Figura 5. El río Magdalena presenta buena calidad en las partes altas de la cuenca (a), mientras que en la zona urbana se observa un colector marginal del lado izquierdo (b). Fotos: Lucía Almeida y Alya Ramos.

la falta de vigilancia favorece la extracción ilegal de flora y fauna de su medio silvestre, y ocasiona la disminución de la biodiversidad y de especies endémicas. Estos bosques presentan en algunos sitios bajos niveles de regeneración por la presencia de especies invasoras como, *Taraxacum officinale*, *Brassica rapa*, *Castilleja arvensis*, *Picris echioides*, etc., la reforestación con especies no nativas, la presencia

de especies parásitas como es el caso del muérdago (*Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* y *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) y por la carencia de un manejo ecosistémico forestal (Hernández-Sánchez 2012). Otra de las principales amenazas es el riesgo de incendios forestales de gran magnitud, cuya mayor incidencia se localiza en el noroeste, sobre el margen izquierdo del río, donde la precipita-

ción anual es menor que en el resto del área (Villers *et al.* 2009).

Finalmente, hay actividades productivas que impactan el equilibrio ambiental de la zona, algunas de ellas son de carácter ilegal (tala de árboles) y otras se realizan sin ningún control de las autoridades (sobrepastoreo de ganado, cultivo de trucha y actividades ecoturísticas).

Conclusión y recomendaciones

La viabilidad actual y futura de la Ciudad de México depende de manera significativa de la existencia de las zonas boscosas que la rodean. La importancia primordial de la CRM radica en la provisión de servicios ecosistémicos que genera y que benefician a los habitantes de la ciudad, especialmente la provisión de agua. Por lo tanto es necesario identificar y emprender acciones para eliminar las principales amenazas en la cuenca, como controlar el crecimiento de la mancha urbana (asentamientos irregulares), resolver los litigios que afectan el área así como la posible categorización de la zona como área natural protegida. De la misma forma es necesario identificar el origen de las inundaciones para establecer barreras naturales y artificiales que disminuyan la velocidad de flujo durante las crecidas de agua.

Por lo anterior, asociado a la importancia de las zonas boscosas y de su vulnerabilidad al crecimiento urbano de la Ciudad de México, es indispensable que los programas del gobierno federal, del gobierno y de las delegaciones involucradas establezcan proyectos de restauración, conservación, y aprovechamiento bajo un esquema de manejo integral de ecosistemas, como las planteadas en el Plan Maestro

Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena (PUEC y UNAM 2008), que permitan a corto, mediano y largo plazo el mantenimiento de la cuenca hidrográfica. Es importante involucrar al sector académico (ecólogos, geógrafos, sociólogos, antropólogos, economistas, arquitectos entre otros) con los actores sociales (comuneros, comerciantes, visitantes y habitantes), así como establecer un sistema de monitoreo participativo que permita conocer a detalle las modificaciones para así poder tomar medidas de atención inmediatas y pueda ser considerada como un modelo de manejo para las cuencas vecinas.

Agradecimientos

A la delegación La Magdalena Contreras, Secretaría de Desarrollo Institucional, Unidad de Apoyo a la Investigación en Facultades y Escuelas Macroproyecto SDEI-PTID-02; Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC); Gobierno de la Ciudad de México; Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA); Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA 2009, Dirección General de Asuntos del Personal Académico: Proyecto PAPIIT IN219809); CONACYT; apoyo parcial del Programa de investigación en cambio climático PINCC-UNAM. Se agradece a todas aquellas personas que trabajaron para determinar los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena: Mariana Nava, Alya Ramos, Silvia Castillo, Jaime Zúñiga, Fernando Puebla, José Luis Villarruel, Miriam Bojorge, Juan Carlos Peña, Audra Patterson y Paula Amabel Hernández. A los habitantes de la cuenca del río Magdalena y a Verónica Aguilar e Inti Burgos por su apoyo en la edición del documento y figuras.

Referencias

- Almeida-Leñero, L., M. Nava, A. Ramos, et al. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, D.F. *Gaceta Ecológica* 84-85:53-64.
- Álvarez, K. 2000. *Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras*. Tesis de licenciatura en geografía, UNAM, México.
- Ávila-Akerberg, V. 2004. *Autenticidad de los bosques de la cuenca alta del río Magdalena. Diagnóstico hacia la restauración ecológica*. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Ávila-Akerberg, V., B. González, M. Nava y L. Almeida-Leñero. 2008. Refugio de fitodiversidad en la ciudad de México, el caso de la cuenca del río Magdalena. *Journal of Botanical Resources Institute Texas* 2:605-619.
- Bojorge, M. 2006. *Indicadores biológicos de la calidad del agua en el río Magdalena, México, D.F.* Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Cantoral, E., L. Almeida-Leñero, J. Cifuentes et al. 2009. La biodiversidad de una cuenca en la ciudad de México. *Ciencias* 94:29-33.
- Cantoral, E., J. Carmona, V. Ávila, et al. 2010. Análisis de los patrones de la biodiversidad. En: *Manejo de ecosistemas y desarrollo humano: experiencias en la Cuenca del río Magdalena, D.F.* J. Álvarez y S. Cartillo (coords.). XVIII Congreso Mexicano de Botánica. Guadalajara, Jalisco, México.
- Dobler, C. 2010. *Caracterización del clima y su relación con la distribución de la vegetación en el suroeste del D.F.* México. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Facultad de Ciencias-UNAM. 2008. Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 2. Medio biofísico. En: *Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena*. SMA/UNAM. México.
- González-Martínez, T. 2008. *Modelación hidrológica como base para el pago por servicios ambientales en la microcuenca del río Magdalena, Distrito Federal*. Tesis de maestría en gestión integrada de cuencas. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.
- Hernández-Sánchez, A.P. 2009. *Plantas medicinales y su efecto antimicrobiano: un servicio ecosistémico de la cuenca del Río Magdalena, D.F.* Tesis licenciatura en biología. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Hernández-Sánchez, A.P. 2012. *Distribución y nivel de infestación de Arceuthobium vaginatum subsp. vaginatum y Arceuthobium globosum subsp. grandicaule en el bosque de Pinus hartwegii de la cuenca del río Magdalena, México, D.F.* Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- Jujnovsky, J., L. Almeida-Leñero, M. Bojorge, et al. 2010. Hydrologic ecosystem services: water quality and quantity in the Magdalena River, Mexico City. *Hidrobiológica* 20(2):113-126.
- Jujnovsky, J., T.M. González, E.A. Cantoral y L. Almeida-Leñero. 2012. Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. *Environmental Management* 49:690-702.
- Legorreta, J. 2009. Ríos, lagos y manantiales del valle de México. UAM/CDF. Artes Impresas Eón, México.
- León, D. 2011. *Distribución espacial de las propiedades fisicoquímicas del suelo, y su relación con diferentes variables ambientales en los bosques de Pinus hartwegii y Abies religiosa, en la Cuenca del río Magdalena*. Tesis de licenciatura Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.
- MA. 2003. Ecosystem and their services. Chapter 2. En: *Ecosystems & human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington D.C.
- Martínez, M. 1979. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. FCE. México.
- Monges, Y. 2009. *Calidad del agua como elemento integrador para la rehabilitación del río Magdalena, Distrito Federal*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Morales-Luque, G. 2010. *Evaluación de la calidad del agua en el río Magdalena, D.F. como servicio ecosistémico*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Nava, M. 2003. *Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

- Nava, M. 2006. *Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena, D.F.* Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UNAM, México.
- PUECY UNAM. Programa Universitario de Medio Ambiente y la Universidad Nacional Autónoma de México. 2008. Propuesta de diagnóstico integrado de la cuenca del río Magdalena. En: *Plan maestro de manejo integral y aprovechamiento sustentable de la cuenca del río Magdalena.* SMA/UNAM, México.
- PUMA y UNAM. Programa Universitario de Medio Ambiente y la Universidad Nacional Autónoma de México. 2009. *Sistema de indicadores para el rescate de los ríos Magdalena y Eslava.* Informe técnico de la UNAM a la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.
- Rzedowski, G.C. de., J. Rzedowski, et al. 2001. *Flora fanerogámica del valle de México.* 2a. ed. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro (Michoacán), México.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2005. *Flora fanerogámica del valle de México.* INECOL/CONABIO. Pátzcuaro, Michoacán. (edición digital: INECOL 2010).
- Villers R. L., R.A. Flores y L. Almeida-Leñero. 2009. Impacto de los incendios forestales en las comunidades vegetales de la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal. Pp. 325-365. En: *Impacto ambiental de incendios forestales.* INIFAP. J.G. Flores (ed.). Colegio de Posgraduados/Mundi-Prensa, México