

PLAN MAESTRO
RIO MAGDALENA

2
Medio biofísico

La cuenca del río Magdalena (CRM) se localiza en la Sierra de las Cruces, en el límite SW del DF. dentro de la cuenca del Valle de México. Colinda al SE con la cuenca del río Eslava, al NW con las cabeceras de las cuencas de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel, los cuales se unen al río Magdalena en la parte baja, formando el río Churubusco. Comprende una parte de las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Coyoacán.

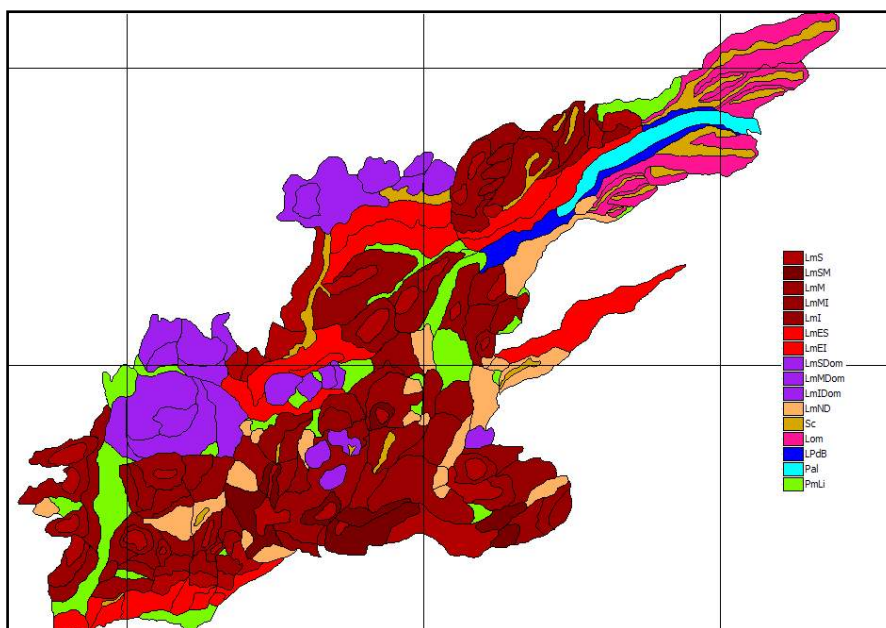
2.1 Relieve: Geomorfología

2.1.1 Morfogénesis

Se generó el mapa de unidades geomorfológico morfogenéticas (Mapa 1). El área evaluada en este caso corresponde con una superficie mayor a la de la CRM, debido a la conveniencia de cubrir unidades completas y no sólo fragmentos de ellas cortadas por la divisoria del parteaguas.

Mapa 1

UNIDADES MORFOGENÉTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA AL DF.



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM, 2008.



2.1.1.1 Grupos de Unidades Geomorfológico Morfogenéticas

Se delimitaron siete grupos distintos de unidades:

Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña de flujos lávicos andesíticos y dacíticos del Cuaternario (Qc)

Corresponde al 53% (28.5 km²) de la superficie total evaluada (53 km²). Es el más dominante de los grupos, en términos de superficie ocupada. Corresponde con las cinco posiciones topográficas de laderas de montaña de flujos lávicos: superior (LmS), superior-media (LmSM), media (LmM), media-inferior (LmMI) e inferior (LmI). Está incluido en este grupo, el conjunto de unidades denominado laderas de montaña no diferenciadas por posición topográfica o por litología/edad (LmND). Estas laderas se localizan principalmente en el sur (cerro el Triángulo), centro (cerros Tarumba, Sasacapa y las Palomas) y norte (cerro Zacazontetla) del área evaluada, están formadas por flujos lávicos de andesitas y dacitas cuaternarias.

Endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña de lavas de domos riolíticos del Cuaternario (Qc)

Es el segundo grupo en importancia por extensión de superficie. Las unidades geomorfológico morfogenéticas de laderas de montaña de flujos lávicos de domos riolíticos del Cuaternario (Qc) corresponden al 13.3% (7.1 km²) del área evaluada. Estas laderas se localizan principalmente, al poniente, en el cerro la Palma y otros domos cercanos a él (en el este), y al norte, cercanas al cerro Ocotál. Estas laderas, en domos riolíticos, están asociadas a la presencia de colapsos volcánicos producto de la formación de calderas volcánicas, como las calderas Ocotál, del Judío-Santa Rosa, Doble Manantiales, Doble Contreras y Hueyatla.¹ Por posición topográfica incluye a las laderas superiores (LmSDom), medias (LmMDom) e inferiores (LmIDom). Los domos volcánicos más recientes se han fechado del

¹ F Mooser, A. Montiel y A Zuñiga, *Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla. Estratigrafía, Tectónica Regional y Aspectos Geotérmicos (1937-1996)*, Comisión Federal de Electricidad, México, 1996, p. 27.



Pleistoceno y están asociados a la última fase eruptiva del complejo volcánico San Miguel.² Las evidencias geomorfológicas indican que estos domos se formaron dentro del cráter de explosión, relicto del estratovolcán San Miguel, asimismo estos domos presentan una morfología convexa y asimetría en sus laderas con red fluvial anular.³

Endógeno volcánico-estructural, en escarpe, de laderas de montaña de flujos lávicos andesíticos y dacíticos del Cuaternario (Qc)

El tercer grupo en importancia, por extensión de superficie, es el de las unidades geomorfológico morfogenéticas de laderas de montaña de flujos lávicos andesíticos y dacíticos del Cuaternario (Qc). Corresponde con el 12.1% (6.4 km²) del área evaluada. Incluye a las laderas superiores en escarpe (LmES) y a las laderas inferiores (LmEI). Se localizan principalmente en las porciones norte (cerro Zacazontetla en el tercer Dinamo), sur (cerro el Triángulo) y centro (cerro la Coconetla en el cuarto Dinamo y cañada Atzoma) de la CRM. Su origen está dado por la presencia de un amplio conjunto de fallas y escarpes ocasionados por la formación de calderas volcánicas, como las de Ocotál, del Judío-Santa Rosa, Doble Manantiales, Doble Contreras y Hueyatla.⁴

Endógeno volcánico acumulativo de laderas de lomerío del terciario (T)

Este grupo tiene el 6% (3.2 km²) del área evaluada. Son de origen endógeno volcánico acumulativo (Lom), del Terciario, de rocas volcánicas epiclásticas, con depósitos laháricos, series clásticas andesíticas, flujos piroclásticos, aluvión y depósitos glaciofluviales en algunos casos. Estos depósitos son conocidos genéricamente como Formación Tarango. Esta formación está compuesta por flujos piroclásticos de composición intermedia a ácida, tobas, capas de

² Castillo-Rodríguez, M.E. *Procesos exógenos en la Delegación La Magdalena Contreras Ciudad de México*, Tesis de licenciatura (Licenciatura en Geografía) UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 2003.

³ *idem*

⁴ Mooser, Op Cit, p. 27.



pómez, escasos depósitos fluviales, paleosuelos y en algunos sitios depósitos laháricos.⁵ Su distribución está concentrada en la parte inferior de la cuenca, muy cerca de la confluencia del Magdalena y del Eslava.

Endógeno volcánico acumulativo de superficie cumbral (Sc) de laderas de montaña y de lomerío, no diferenciadas, tanto del Cuaternario como del Terciario

Este grupo tiene el 4.3% (2.3 km²) del área evaluada. Son de origen endógeno volcánico acumulativo de superficie cumbral (Sc) de laderas de montaña y de lomerío, no diferenciadas, tanto del Cuaternario como del Terciario. Su morfología es de superficies angostas y planas, o poco inclinadas, en las porciones más altas de los diferentes tipos de laderas montañosas y de los lomeríos cercanos a la confluencia del Magdalena y Eslava. Se localizan principalmente en las porciones centro norte (al sur y sureste del cerro Ocotál) y noreste de la cuenca (en los lomeríos aledaños a la confluencia de los ríos).

Exógeno erosivo-estructural aluvial de laderas en pared de barranco del Cuaternario

El sexto grupo de unidades morfogenéticas tiene el 1.6% (0.9 km²) del área evaluada. Son de origen exógeno erosivo-estructural aluvial (y coluvial en menor proporción) de laderas en pared de barranco (LPdB). Su morfología es característica por tener pendientes verticales, la presencia de procesos de remoción en masa, cuya evidencia está dada por la presencia del conjunto de taludes detríticos coluviales al pie de esas paredes. La gran cantidad de materiales sólidos de fondo y suspendidos que ha transportado el río Magdalena durante los eventos de torrencialidad máxima han generado una incisión vertical importante (profundización del cauce). Asimismo la presencia de las disyunciones estructurales (fallas normales, principalmente) han facilitado ese tipo de modelado fluvial

⁵ F. Mooser, 'Historia tectónica de la cuenca de México', *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Núm. 15, 1963, pp. 27 y 239-245.



y coluvial. Se localizan únicamente en las paredes del barranco del río Magdalena previo a la confluencia entre el propio Magdalena y el Eslava, y en el primero, segundo y tercer dinamos.

Exógeno aluvial y coluvial acumulativo de piedemontes locales intermontanos (aluvio coluviales) y de planicies aluviales, del Cuaternario

En este último grupo de unidades morfogénicas están incluidas las formas y tipos de relieve de origen exógeno aluvial y coluvial acumulativo de piedemontes locales intermontanos (aluvio coluviales) y de planicies aluviales. Tienen el 9.2% (4.9 km²) del área evaluada. La única planicie aluvial (Pal) se localiza en la parte baja de la cuenca, en un área previa a la confluencia entre el Magdalena y el Eslava.

Sigue una dirección sureste noreste condicionada por la trayectoria general de las fallas dominantes en el área. Son de origen exógeno acumulativo aluvial, producto de los depósitos de materiales transportados, frecuentemente de manera torrencial a causa de las frecuentes tormentas intensas (durante la temporada de lluvias), desde las laderas de montaña y piedemontes de las porciones superiores.

Sus flancos también se componen de taludes de materiales coluviales, resultado de los depósitos de remoción en masa, producto de los procesos gravitacionales en las paredes de los barrancos.

Los piedemontes locales intermontanos (PmLi) (aluvio-coluviales) son de origen exógeno aluvial y coluvial del Cuaternario pertenecen en su mayor parte al sistema morfogénico general del piedemonte de rocas volcánicas epiclásticas, con depósitos laháricos, series clásticas andesíticas, flujos piroclásticos y aluvión.

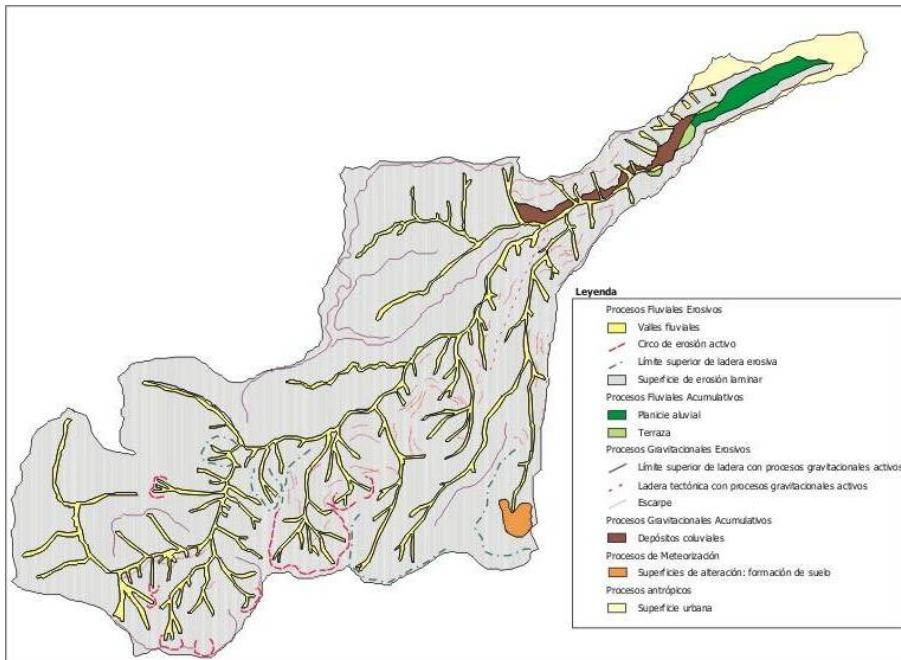
2.1.2 Morfodinámica

La morfodinámica dentro de la disciplina geomorfológica, tiene como objeto de estudio todos los fenómenos exteriores de la corteza terrestre que influyen en el relieve, conocidos como procesos exógenos. Estos procesos son el intemperismo, la erosión y la acumulación, los cuales actúan conjuntamente con procesos endógenos.⁶

Se delimitaron los procesos morfodinámicos dominantes en la CRM los cuales se han dividido en cinco procesos (Mapa 2).⁷

Mapa 2

MORFODINÁMICA DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, DISTRITO FEDERAL



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM, 2008.

⁶ Castillo-Rodríguez, 2003.

⁷ *Idem.*

2.1.2.1 Los procesos fluviales

En el relieve montañoso es en donde los procesos fluviales tienen una mayor dinámica, favorecida por diferentes factores como es el tipo de clima, la pendiente, la litología, el grado de intemperismo, el tipo de suelo, así como su morfología.

Las corrientes fluviales que se encuentran en toda la CRM, erosionan de manera intensa el relieve, ya que la superficie montañosa es de materia piroclástica, fácil de remover. Se trata de corrientes fluviales de primero y segundo orden, esas corrientes constantemente erosionan y arrancan sedimentos, originan valles profundos y exigüos en las laderas montañosas y su actividad está en función de la precipitación.

Las diversas corrientes fluviales forman diferentes unidades. De las más comunes se pueden identificar como valles fluviales, barrancos y todos los tipos de escorrentías superficiales, los cuales son generalizados, éstos atraviesan toda el área.

A su vez, estas corrientes están asociadas a otras unidades, como lo son los circos erosivos activos, los límites superiores de las laderas erosivas y las superficies de erosión laminar, esta última es la más extensa de todas, lo cual indica el principal tipo de proceso que ocurre en las laderas de la CRM.

El tipo de material superficial condicionará en gran medida la intensidad de los procesos fluviales. En los lugares donde existe una capa de material poco consolidado y de unos cuantos centímetros de espesor, hay escasez de cobertura vegetal y la geometría de la ladera favorece el rápido y concentrado escurrimiento como es el caso de las laderas con mucha pendiente, se forman los surcos de erosión, las corrientes fluviales de estos remueven con facilidad el material superficial y son de los procesos erosivos más veloces.

Uno de los primeros procesos que se generan cuando el agua fluye, es la erosión por surcos (*rill*) en el suelo, la cual se da principalmente en los primeros meses de la temporada de lluvias. En la temporada más seca sólo se encuentran los canales con depósitos de arrastre; en la temporada de lluvia se activan y remueven el material fragmentario.





Los procesos fluviales acumulativos se pueden observar cerca de la desembocadura de la CRM, la planicie aluvial y las terrazas están conformadas por unidades en las que la pendiente es mínima.

2.1.2.2 Procesos gravitacionales

Implica el desprendimiento de material intemperizado del sustrato original, ocurren de manera planar, es decir con extensión amplia y generalmente no siguen una dirección fija.⁸ Estos procesos se encuentran condicionados por factores como son la pendiente del terreno, la presencia de escarpes de disyunciones, el grado de intemperismo de las rocas y las características físicas del sustrato, y para el caso de los deslizamientos, la humedad y el contenido de agua en el suelo.

En la cuenca del río Magdalena los procesos gravitacionales se favorecen por la pendiente del terreno, la falta de una densa cobertura vegetal y el intemperismo que presenta el sustrato geológico. Las unidades de los procesos gravitacionales erosivos que se pudieron identificar son: el límite superior de ladera con procesos gravitacionales activos, las laderas tectónicas con procesos gravitacionales activos y los escarpes

Algunos de los procesos que se presentan con más frecuencia son caída de rocas y los vuelcos, esto se debe a que las rocas se encuentran altamente meteorizadas y tienen una gran cantidad de fracturas. En la parte baja de las laderas es donde se presentan las áreas acumulativas, representados por los depósitos coluviales.

La pendiente y la litología influyen en el tipo de deslizamiento. Una de las evidencias más comunes son las cicatrices de desprendimiento que se observan en algunas laderas de la superficie montañosa.

⁸ J.I Lugo-Hubp, *Elementos de Geomorfología Aplicada. Métodos cartográficos*, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1991, p. 109.



2.1.2.3 Procesos de meteorización

La meteorización o intemperismo es el proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra, a poca profundidad bajo la acción de agentes físicos, químicos y orgánicos.⁹ Son procesos que ocurren *in situ* y se identifican en algunos casos por el estado físico en el que se encuentra el material superficial.

En la zona de estudio se observa una gran cantidad de agentes de meteorización como son la destrucción de las rocas por diferentes causas y la fragmentación por raíces de los árboles. Este tipo de proceso hace que las rocas sean cada vez más deleznales a los procesos de erosión, así como a los procesos de remoción en masa.

En la cuenca del Río Magdalena se pueden observar zonas de alteración donde existe la formación de suelo, las cuales se localizan en superficies de poca inclinación del relieve montañoso, que son básicamente planicies de relleno volcánico. La vegetación es escasa y el clima es de tipo semifrío, por lo tanto la acción física y química favorece la formación de suelo. Dichas superficies no están afectadas por procesos erosivos, debido a que las condiciones físicas en las que se encuentran, sólo son activas la alteración y la fragmentación de la litología en superficie.

⁹ *ibidem*



2.2 Unidades Ambientales Biofísicas

El área de estudio presenta geoformas complejas y variadas como resultado de los fenómenos tectónicos o fuerzas internas de la tierra exteriorizadas en fracturas y fallas, y de los procesos de erosión y sedimentación a que vienen siendo sometidos los diferentes tipos de materiales geológicos que conforman su estructura y que a su vez, vienen afectando y modelando el relieve hasta encontrarse con el paisaje actual. Otro factor importante que ha intervenido y determinado el modelado del paisaje son los diferentes aportes de materiales piroclásticos que recubren gran parte del relieve actual.

La delegación Magdalena Contreras, al igual que todas las delegaciones que conforman el área del Suelo de Conservación del D.F., pertenecen a la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y a la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. La CRM es una de las que presentan mayor complejidad geológico-estructural y diversidad en los tipos y características de las rocas aflorantes. Es posible identificar rocas volcánicas asociadas con las características de la sierra de las Cruces, entre las que se mencionan la Caldera Santa Rosa-Judío, Caldera Ocotál, Volcán Tres Cruces, Cráter de Explosión San Miguel, domos y tobas, además de la Formación Tarango.

Las unidades geomorfológicas morfogenéticas se conjuntaron en grupos de unidades ambientales biofísicas (UAB), las cuales se caracterizan en su mayor parte por ser de origen endógeno volcánico acumulativo del Cuaternario, conformadas por andesitas y dacitas. A continuación se presentan las características físicas y bióticas de cada uno de ellos.



Grupo 1. Unidades de origen endógeno volcánico acumulativo de laderas de flujos lávicos

Este grupo de unidades ocupan una superficie de 28.6 km², se caracterizan por presentar una cobertura forestal del suelo, en donde predominan las especies de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*.

En algunas unidades se encontraron árboles muertos donde se establecieron áreas de reforestación. Las unidades de suelo que predominan en este grupo son los Andosol mólico y Regosol. Se presenta erosión hídrica laminar y en microsurcos. Estas unidades se caracterizan por la presencia de fragmentos de rocas (lajas), en un 60% de la superficie.

Grupo 2. Unidades de origen endógeno volcánico acumulativo de superficie cumbral de laderas de montaña y lomeríos no diferenciados

Este grupo de UAB se localiza en las áreas de altitudes superiores a los 3,500 m snm y en los lomeríos que se ubican en la parte este de la cuenca.

Los principales tipos de vegetación son de bosque de *Pinus hartwegii*. En los lomeríos existe uso de suelo urbano, principalmente



habitacional, con relictos de vegetación del género *Quercus* ya que se encuentra en la parte más baja de la cuenca. Esta unidad ocupa una superficie de 2.3 km².

Grupo 3. Unidades de origen endógeno volcánico acumulativo de laderas de montaña de domo

Estas unidades están conformadas por riolitas, andesitas y dacitas. No presentan una cobertura vegetal densa, únicamente en la parte que se orienta al sureste, donde existe vegetación de matorral. Este grupo de unidades ocupan una superficie de 7.1 km². Son laderas donde predominan los depósitos superficiales de piroclastos.

El uso de suelo es forestal en algunas unidades donde predominan los tipos de vegetación de coníferas, con pastos amacollados.

En general para las unidades de los suelos presentan porcentajes altos de humedad y una porosidad que va del 50 al 59%. Son unidades ricas en materia orgánica ya que se encontraron porcentajes altos que van de 8 al 14%, con un pH ácido en la mayoría de las unidades.

Grupo 4. Unidades de origen endógeno volcánico estructural de laderas de escarpe de flujos lávicos

Este grupo ocupa una superficie de 6.5 km² y son laderas de montaña formadas por escarpes litológicos y estructurales con depósitos de remoción en masa en su parte inferior. El material parental del suelo está constituido por depósitos de piroclastos no consolidados de ceniza volcánica sobre andesitas. Presentan principalmente procesos de remoción en masa (taludes detríticos de acumulación) y erosión hídrica laminar.

El uso de suelo en la mayoría de las unidades es forestal y los tipos de vegetación están representados por un bosque de *Abies religiosa*, y bosque de *Pinus hartwegii*. En algunas unidades se encuentran sitios con tipos de vegetación de matorral y un bosque de *Quercus*. La unidad de suelo principal definida mediante evaluación de campo para esta unidad es Phaeozem háplico.



Grupo 5. Unidades de origen endógeno volcánico acumulativo de laderas de lomerío

Estas unidades ocupan una superficie de 3.2 km², se localizan en la parte este de la cuenca. El uso del suelo en estas unidades es urbano, principalmente habitacional. Existen relictos de vegetación en el área que corresponde al barranco del río Magdalena. Las descargas domiciliarias en esta área contribuyen a la contaminación del agua del río.

Grupo 6. Unidades de origen exógeno acumulativo aluvio-coluvial de piedemonte local intermontano

Este grupo de unidades presenta pendientes de 2° a 8°, se localiza en la parte noroeste de la cuenca y ocupa una superficie de 3.9 km². En la parte baja de la cuenca los tipos de vegetación de estas unidades corresponden con un bosque de *Quercus* sp. y existen áreas con pastizales, donde además se realizan actividades comerciales y recreativas. Por otra parte existen zonas urbanas cercanas a la desembocadura del río. Las unidades de suelo definidas a partir de la verificación en campo son Leptosoles y Phaeozem.

Es importante mencionar que en algunos sitios se realizan actividades agropecuarias, en los cuales se encuentran espacios con vegetación natural, como es el bosque de *Abies religiosa*, en los límites de las parcelas.

Grupo 7. Unidades de origen exógeno acumulativo de planicie aluvial en fondo de barranco

En estas unidades se encuentran áreas comerciales sobre todo en lo que corresponde al primer dinamo, que está definido como parque recreativo conocido como La Cañada.

Es un lugar a donde asisten una gran cantidad de personas todos los días, incrementándose los fines de semana, por lo tanto presenta un impacto humano importante, ya que se presentan áreas contaminada por basura. Existen relictos de vegetación de *Quercus* sp. y ocupa una superficie de 0.9 km².



Grupo 8. Unidades de origen exógeno erosivo de ladera en pared de barranco

Este tipo de relieve es el producto de la acción de fuertes fenómenos tectónicos (fallamientos), posteriormente afectados principalmente por erosión hídrica sobre las laderas o a lo largo de líneas de falla. El relieve varía de ligeramente a fuertemente escarpado con pendientes 25-75% y mayores del 75%, largas, rectilíneas y disecciones profundas que forma una red de drenaje baja, de tipo subparalelo.

En esta unidad se presentan movimientos en masa de tipo desprendimientos y desplomes, y se presentan abundantes afloramientos rocosos. La litología está constituida por andesitas y/o depósitos superficiales piroclásticas no consolidadas de ceniza volcánica sobre rocas ígneas andesitas, esta unidad ocupa una superficie de 0.85 km².

Los suelos son muy delgados y se clasificaron en campo como Regosoles por la cantidad de rocas que se presentan en el primer horizonte.



2.3 Suelo

Los suelos de la CRM, se originaron a partir de materiales piroclásticos no consolidados, como ceniza volcánica, que yacen sobre rocas ígneas intermedias, como andesitas y dacitas, o sobre rocas ígneas volcánicas piroclásticas consolidadas (tobas).

Los suelos de las laderas de montaña con relieve de origen endógeno volcánico acumulativo, estructural en escarpe. Dentro de la CRM, estos suelos representan superficies amplias de relieve montañoso volcánico, el cual conforma un conjunto de estructuras tectovolcánicas muy accidentadas y de gran elevación, con relieves escarpados, donde predominan particularmente las laderas con pendientes 12-25%, a fuertemente escarpadas con pendientes mayores del 75%. Este paisaje montañoso presenta elevaciones que oscilan entre los 2,400 y los 3,860 m snm, limitados en varios de sus bordes por escarpes profundos, producto de estructuras disyuntivas.

El material parental de los suelos de esta unidad está constituido por depósitos de ceniza volcánica de variado espesor que yacen sobre andesitas, dacitas o sobre tobas de ceniza, pumitas y en otros casos directamente sobre las rocas ígneas volcánicas intermedias como andesitas y dacitas.

Estos suelos se presentan en las laderas de los conos volcánicos. Se caracterizan por ser de superficiales a muy superficiales, limitados por fragmentos de roca con más del 60% por volumen; son suelos bien drenados, que se han desarrollado a partir de depósitos de ceniza volcánica de variado espesor sobre rocas como las andesitas.

A continuación se presenta la descripción morfológica de los suelos en los principales sitios del área de las laderas de montaña.

Perfil 1

Se localiza en las coordenadas X=467,757 y Y=2,129,991 a una altitud de 3,485 m snm. En una ladera de montaña alta, formada por materiales endógeno volcánicos acumulativos; el material parental del suelo está constituido por depósitos piroclásticos no consolidados

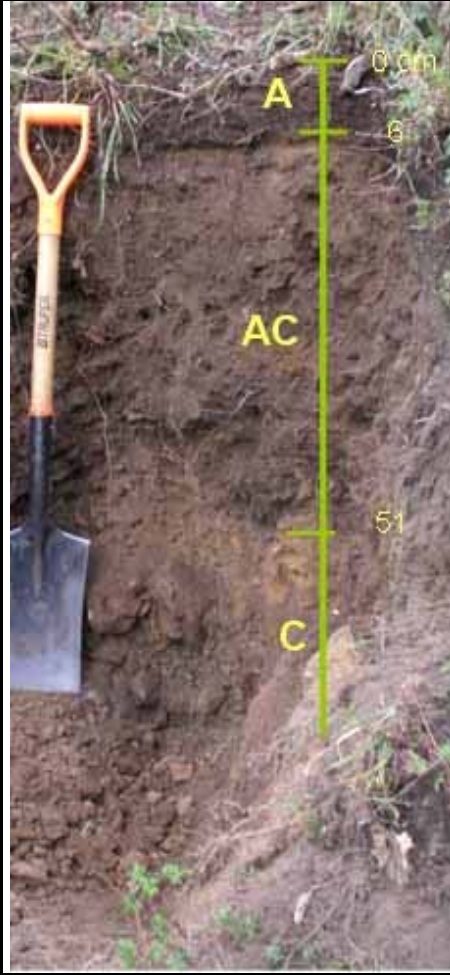


de ceniza volcánica sobre andesitas. Particularmente el sitio presenta una inclinación de 25°; con una orientación al S30°E. La forma de la ladera en el sentido longitudinal y transversal es plana. El tipo dominante de erosión es hídrica laminar, con evidencias de procesos de remoción en masa. La vegetación está conformada por un bosque de *Abies religiosa*. Este suelo se clasificó como un Phaeozem háplico.

Perfil 2

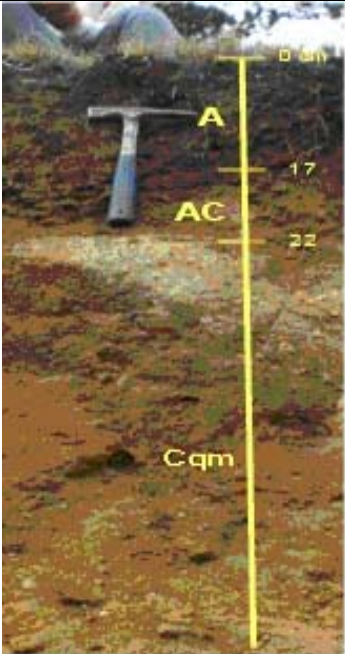
Este sitio se encuentra entre la coordenada X=466,572 y Y=2,129,991, a una altitud de 3,435 m snm. Geomorfológicamente corresponde con una ladera de montaña inferior, de origen endógeno volcánico acumulativo, por lo que predominan los depósitos superficiales de piroclastos sobre tobas. La pendiente es de 23°; con una orientación al N72°E; la forma de la ladera, longitudinal y transversalmente, en términos morfográficos, se considera plana. La erosión es hídrica laminar y la vegetación que se encuentra en el sitio corresponde con un bosque de coníferas.

Cuadro 4.2.3.1
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HORIZONTES DEL
SUELO DEL PERFIL 1

	Descripción
	<p>A (0 – 6 cm.) Su estructura es poliédrica subangular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, en mojado ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; abundantes raíces (100 a 500/3 dm²) finas (<1 mm diámetro)</p>
	<p>AC (6 – 51 cm). Estructura es poliédrica subangular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, en mojado ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; Comunes raíces (10 a 100/3 dm²) finas (<1 mm diámetro)</p>
<p>C (51 – 76 cm). Sin estructura; consistencia suelta, no adhesivo y no plástico; Comunes raíces (10 a 100/3 dm²) finas (<1 mm diámetro)</p>	

Cuadro 4.2.3.2

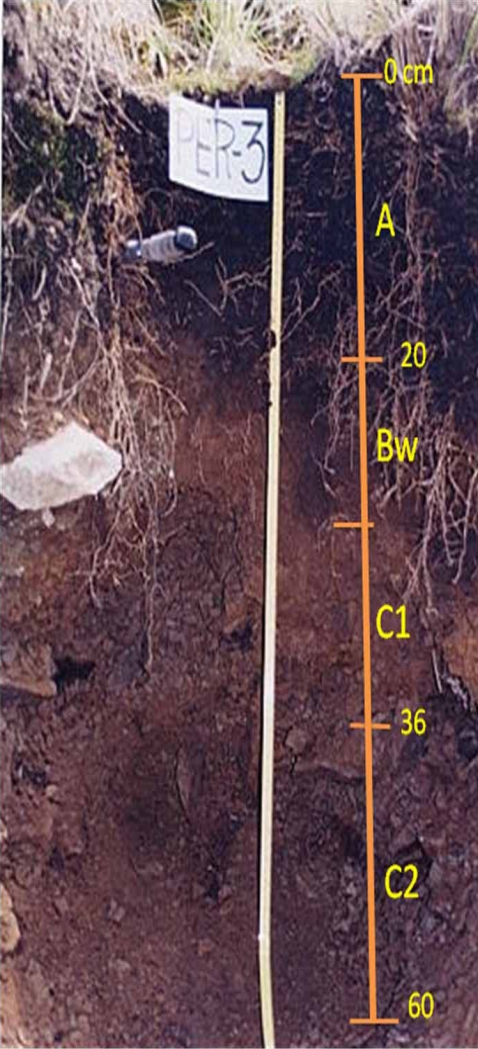
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HORIZONTES DEL SUELO DEL PERFIL 2

	Descripción
	<p>A (0 – 17 cm). Tiene una estructura poliédrica subangular débilmente desarrollada; su consistencia blanda en seco y friable en húmedo, en ligeramente adhesivo y plástico; las raíces son comunes (10 a 100/3 dm²) de tamaño fino (<1 mm diámetro); los poros son frecuentes de forma vesicular y de menos de 1 mm de diámetro.</p>
	<p>AC (17 – 22 cm). Presenta una consistencia suelta, no adhesivo y no plástico; Comunes raíces (10 a 100/3 dm²) finas (<1 mm diámetro);</p>
<p>Cqm (> 22 cm). Material de tipo duripan;</p>	

Perfil 3

Este sitio se encuentra en el cerro San Miguel en las coordenadas X=465,355 y Y=2,130,096 a una altitud de 3,611 m snm; Geomorfológicamente corresponde con un relieve de origen endógeno volcánico acumulativo de ladera de montaña, donde predominan los depósitos superficiales de materiales piroclásticos no consolidados sobre un lecho rocoso formado por andesitas. La pendiente va de 50 a 75%, considerada como moderadamente escarpado, considerándose ancha a lo transversal y rectilíneo a lo vertical. Este sitio se caracteriza por la presencia de fragmentos de rocas en un 60% de la superficie, dichos fragmentos se encuentran a partir de los 20 cm de profundidad y son principalmente de tipo laja. La vegetación corresponde a un bosque de *Pinus hartwegii*.

Cuadro 4.2.3.3.
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
DE LOS HORIZONTES DEL SUELO DEL PERFIL 3

	Descripción
	<p>A (0- 20 cm). Color en húmedo negro (10YR2/1); textura franco arenosa (en campo franco arcillo arenosa); estructura en bloques subangulares muy fina, fuerte; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros finos; muchas raíces finas y muy finas; reacción violenta al NaF; límite claro y ondulado; pH: 5.4; fuertemente ácido.</p>
	<p>Bw (20-36 cm). Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR3/4), en mezcla con pardo oscuro (10YR3/3); textura franco arenosa (en campo franco arcillosa); estructura en bloques subangulares fina; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; pocos poros finos, muchas raíces finas y muy finas; reacción fuerte al NaF; límite claro y ondulado; pH: 5.9; moderadamente ácido.</p>
	<p>C1 (36-60 cm). Color en húmedo pardo oscuro (10YR4/3); matriz de textura franco arenosa (en campo arcillo arenosa); sin estructura (suelta); consistencia en húmedo suelta; pocos poros finos; frecuentes raíces finas; reacción fuerte al NaF; límite difuso y plano; pH: 6.0; moderadamente ácido.</p>
	<p>C2 (60-110 cm). Color en húmedo pardo oscuro (10YR4/3) en mezcla con pardo amarillento oscuro (10YR4/6); matriz de textura franco arcillo arenosa; sin estructura (suelta) y consistencia en húmedo suelta.</p>

Perfil 4

Este sitio se encuentra entre las coordenadas X=466,279 y Y=2,127,425 a una altitud de 3,540 m snm. Sus características geomorfológicas corresponden con un talud detrítico en pie de ladera de montaña, de origen exógeno de acumulación aluvio-coluvial. El material parental del suelo está conformado por depósitos superficiales de piroclastos. Tiene una pendiente de 20° con una orientación al S83°E; esta ladera es longitudinalmente cóncava y transversalmente convexa; la erosión que presenta es hídrica laminar. La vegetación del sitio corresponde a un bosque de coníferas.

Cuadro 4.2.3.4
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS
HORIZONTES DEL SUELO DEL PERFIL 4

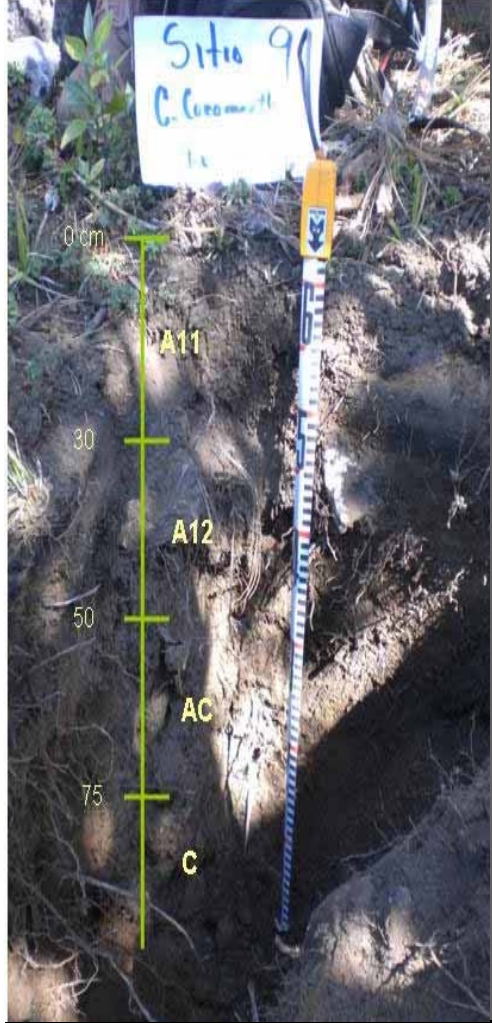
	Descripción
	A (0-25 cm). Su estructura es poliédrica angular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, en mojado ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; comunes raíces (10 a 100/3 dm ²) finas (<1 mm diámetro);
	AC (25-90 cm). Su estructura es poliédrica angular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, en mojado ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; comunes raíces (10 a 100/3 dm ²) finas (<1 mm diámetro);
	C (> 94 cm). Sin estructura; consistencia suelta, no adhesivo y no plástico; Comunes raíces (10 a 100/3 dm ²) finas (<1 mm diámetro);

Perfil 9

Este sitio se encuentra en las coordenadas X=466,767 y Y=2,127,879, a una altitud de 3,450 msnm. Geomorfológicamente corresponde con una ladera de montaña inferior, formada por

material endógeno volcánico acumulativo. El material parental que forma los suelos está compuesto por piroclastos de origen dacítico-andesítico. La pendiente del sitio es de 24°, con una orientación N61° W. La forma de la ladera en sentido longitudinal es plana y en sentido transversal es convexa. La vegetación representativa del sitio es un bosque de *Pinus hartwegii*.

Cuadro 4.2.3.5
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HORIZONTES
DEL SUELO DEL PERFIL 9

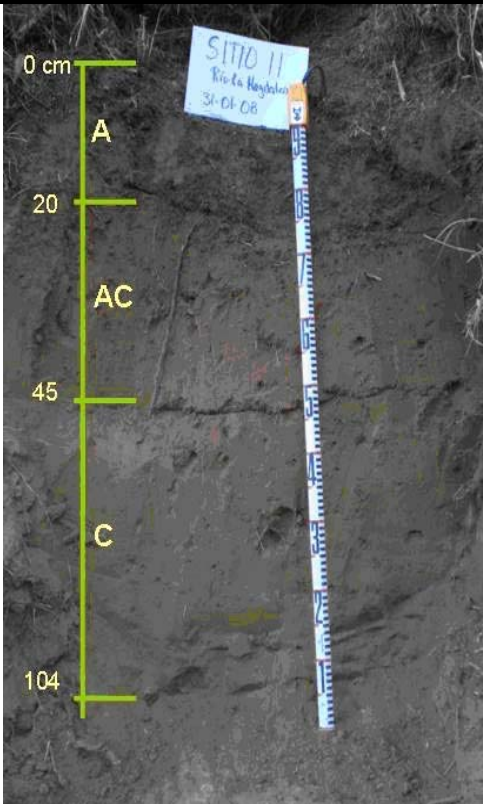
	Descripción
	<p>A11 (0– 0 cm). Color en seco (10YR 3/2), en húmedo (10YR2/2); textura Arena migajosa; estructura Poliédrico subángular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; numerosos poros (>200 por dm²) finos vesiculares e intersticiales dentro y fuera de los agregados; Comunes raíces (10 a 100 por 3dm²) finas; reacción media al NaF; transición marcada horizontal; pH: 5</p>
	<p>A12 (30–50 cm). Color en seco (10YR 4/1), en húmedo (10YR2/1); textura Arena-migajosa; estructura Poliédrico subángular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; numerosos poros (>200 por dm²) finos vesiculares e intersticiales dentro y fuera de los agregados; Comunes raíces (10 a 100 por 3dm²) finas; reacción muy intensa al NaF; transición marcada horizontal; pH: 5</p>
	<p>AC (50-75 cm). Color en seco (10YR 4/2), en húmedo (10YR2/2); textura limo-migajosa; estructura Poliédrico subángular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; numerosos poros (>200 por dm²) finos vesiculares e intersticiales dentro y fuera de los agregados; Comunes raíces (10 a 100 por 3dm²) finas; reacción muy intensa al NaF; transición marcada ondulada; pH: 6</p>
	<p>C (>75 cm). Color en seco (10YR 7/8), en húmedo (10YR4/6); textura Arenosa; sin estructura; consistencia suelta; numerosos (>200 por dm²) poros finos; Muy raras raíces (<1 por 3dm²) finas; reacción media al NaF; pH: 6</p>

Perfil 11

Este sitio se encuentra en las coordenadas X=469,348 y Y=2,130,231; a una altitud de 3,120 m snm. Es una ladera inferior de talud detrítico de origen exógeno gravitacional acumulativo. El material parental lo conforman piroclastos. El sitio presenta una pendiente de 32°, con una orientación N45° W; siendo el sitio plano en lo longitudinal y cóncavo en lo transversal. La vegetación dominante es un bosque de *Abies religiosa*. En campo este suelo se clasificó como un Andosol molico.

Cuadro 4.2.3.6

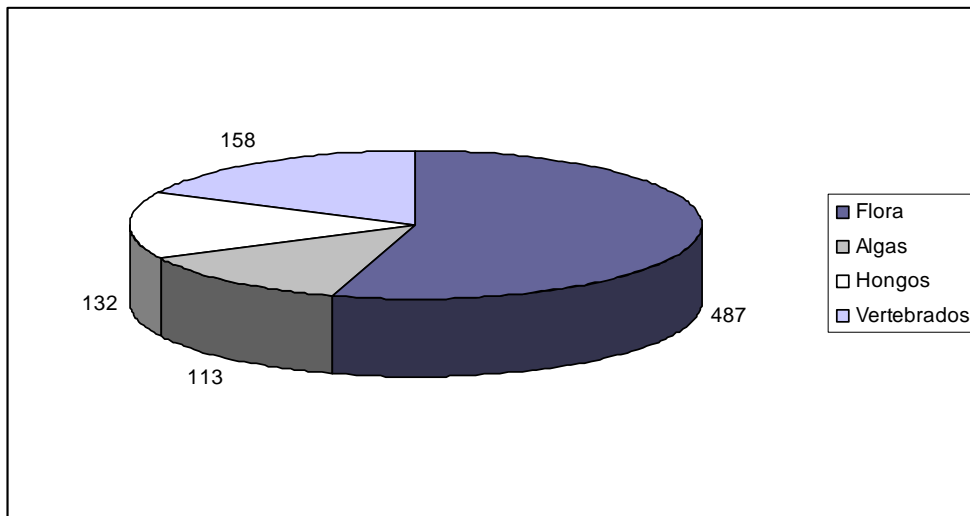
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HORIZONTES DEL SUELO DEL PERFIL 11

Descripción
 <p>The photograph shows a soil profile with a measuring scale on the left. The scale is marked at 0 cm, 20 cm, 45 cm, and 104 cm. The soil horizons are labeled A (0-20 cm), AC (20-45 cm), and C (45-104 cm). A blue tag with handwritten text 'SITIO 11 Rio La Magdalena 31-01-08' is attached to the scale. The soil is dark brown and appears moist.</p>
<p>A (0-20 cm). Color en seco (10YR 4/3), en húmedo (10YR 3/2); textura migajón arenosa; estructura Poliédrico subángular débilmente desarrollada; consistencia blanda en seco y friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; numerosos poros (>200 por dm²) finos vesiculares e intersticiales dentro y fuera de los agregados; Comunes raíces (10 a 100 por 3 dm²) finas; reacción fuerte al NaF; transición marcada horizontal; pH: 6</p>
<p>AC (20-45 cm). Color en seco (10YR 6/6), en húmedo (10YR 3/4); textura Areno-migajosa; sin estructura; consistencia suelta; numerosos (>200 por dm²) poros finos; comunes raíces (10 a 100 por 3dm²) finas; reacción fuerte al NaF; transición marcada horizontal ; pH: 6</p>
<p>C (45-104 cm). Color en seco (10YR 8/4), en húmedo (10YR 5/6); textura Arenosa; sin estructura; consistencia suelta; numerosos (>200 por dm²) poros finos; comunes raíces (10 a 100 por 3dm²) finas; reacción fuerte al NaF; pH: 6</p>

2.4 Biodiversidad

El término biodiversidad hace referencia a la amplia variedad que existe de seres vivos. En México, la Faja Volcánica Transmexicana es particularmente rica en diversidad de especies.¹⁰ La CRM se encuentra ubicada en la parte central de esta franja montañosa en donde hay una gran diversidad de flora y fauna; por ejemplo, se han registrado 487 especies de plantas, 113 especies de algas y 158 especies de vertebrados, además de numerosos hongos (Gráfica 1).

Gráfica 1
 NÚMERO DE ESPECIES POR GRUPOS TAXONÓMICOS
 PARA LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

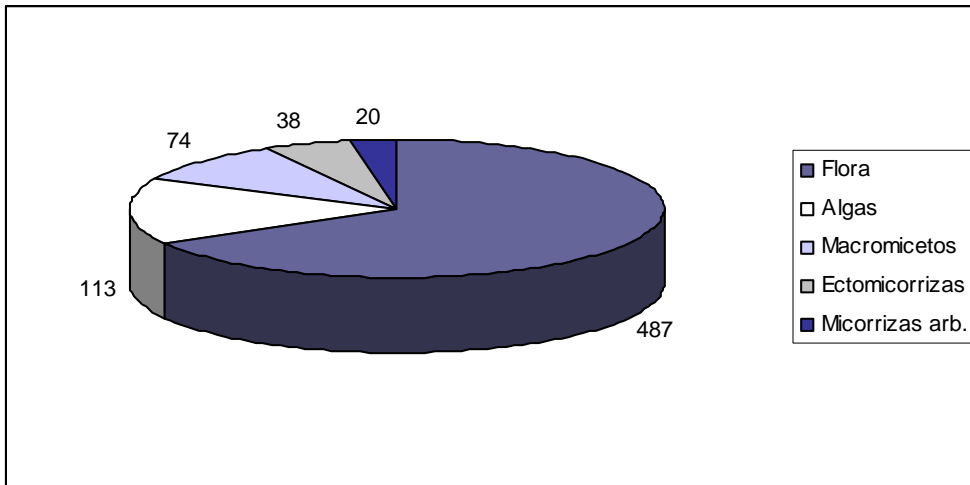
¹⁰ I, Luna, J.J. Morrone y D. Espinoza (Eds.), *Biodiversidad de la faja volcánica transmexicana*, UNAM, México, 2007, p. 514

2.4.1 Flora

La flora de la CRM esta constituida por 3 tipos de bosque: bosque de *Pinus hartwegii*, la comunidad de *Abies religiosa*, y la comunidad de bosque mixto y *Quercus*.

De acuerdo a los registros de la literatura y campo el grupo con mayor número de especies es el de plantas con 487 especies, seguido por el grupo de algas con 113 especies y en menor proporción el de macromicetos con 74, ectomicorrizas con 38 y micorrizas arbusculares con 20 especies (Gráfica 2).

Gráfica 2
 NÚMERO DE ESPECIES DE FLORA
 EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

2.4.1.1 Algas

El total de especies de algas es de 113, repartidas en 3 divisiones, 7 clases, 13 órdenes, 29 familias y 57 géneros. Las familias mejor representadas fueron Naviculaceae con 46 especies, Nitzschiaceae con 8 y Achnanthaceae y Fragilariaceae con 7 especies.ⁱ



Se reconocen 12 especies que forman crecimientos visibles como filamentos, costras, domos y películas entre otros y 101 especies que son microscópicas, particularmente Bacillariophyceae o diatomeas con formas de vida epífitas y epilíticas donde sobresalen por ser abundantes y frecuentes *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala* y *Cymbella silesiaca*. Dentro de las macroalgas las principales especies que los forman son *Prasiola mexicana* y *Placoma regulare*.

El bosque con mayor diversidad es el de *Pinus hartwegii* con 110 especies, seguida el bosque mixto y *Quercus* con 88 especies; la que presenta la menor diversidad es el bosque de *Abies religiosa* (Anexo 2).

2.4.1.2 Hongos micorrizógenos arbusculares

Se encontraron en la zona 20 especies de hongos micorrizógenos arbusculares distribuidos en 4 familias y 5 géneros. Las familias mejor representadas fueron Glomeraceae con 8 especies y Acaulosporaceae con 7 especies. En cuanto a la abundancia por género de mayor a menor se tiene a *Glomus* (8), *Acaulospora* (7), *Scutellospora* (3) y con una especie *Gigaspora* y *Pascispora*. La mayor diversidad se encuentra en el bosque de *Pinus hartwegii* (15), seguido de la comunidad de bosque mixto y de *Quercus* (11) y por último el bosque de *Abies religiosa* (11) (Anexo 3).

2.4.1.3 Hongos ectomicorrizógenos

Se registraron 38 especies de hongos ectomicorrizógenos de las cuales 20 especies se encuentran distribuidas en el bosque de *Pinus hartwegii* y 26 en la comunidad de bosque mixto y de *Quercus*. Las especies corresponden a 8 órdenes, 12 familias y 15 géneros, siendo las familias mejor representadas con 17 especies *Russulaceae* y con 4 especies *Amanitaceae* y *Boletaceae* (Anexo 4).

2.4.1.4 Macromicetos

Se han registrados 306 morfoespecies de macromicetos, de las cuales el 54% (167 morfos) se encuentran distribuidos en la comunidad de bosque mixto y *Quercus*, 32% (102 morfos) en la

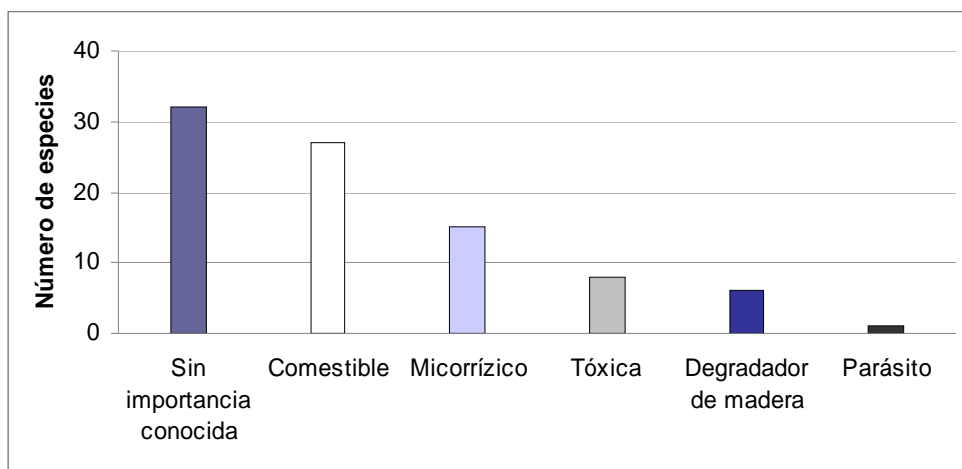
comunidad de *Abies religiosa* y 30% (94 morfos) en el bosque de *Pinus hartwegii*. De los cuales de las 306 morfoespecies que se colectaron en la región sólo se pudieron reconocer 74 especies (Anexo 5).²ⁱⁱ

A nivel de orden los Agaricales representan el mayor porcentaje de especies, el 32% de la diversidad de macromicetos, seguido de los Pezizales con 20%. A nivel de familia *Tricholomataceae* es la mejor representada con 12 especies, seguida por *Amanitaceae* con 6 y *Hellvellaceae* con 5; siendo también importantes pero con menor número de especies las familias de *Russulaceae*, *Coriolaceae* y *Pezizaceae*.

Sólo 8 especies son tóxicas en diferente grado, desde irritantes gastrointestinales hasta mortales. Existen en la zona de estudio muchos morfos de los géneros *Amanita*, *Lactarius*, *Boletus*, *Inocybe* y *Cortinarius*, entre otros, especies capaces de formar micorrizas, se reportaron 15 especies micorrízicas (Gráfica 3). En la zona de estudio sólo se reportan 4 especies con la categoría de amenazadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Gráfica 3

IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS ESPECIES DE MACROMICETOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D. F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.



2.4.1.5 Plantas vasculares y no vasculares

El total de especies reportadas para la zona natural de la CRM se encuentran distribuidas en 249 géneros y 87 familias. Las familias mejor representadas son Asteraceae con 102 especies, Poaceae con 24 especies, Lamiaceae con 23, Caryophyllaceae con 21, Fabaceae y Rosaceae con 18 especies (Anexo 6).

La flora presente en la zona urbana básicamente son especies propias de jardinería, de ornato, introducidas por las autoridades delegacionales (parques y jardines). Solamente se encontraron como especies nativas algunos *Quercus* y a *Taxodium mucronatum* y *Salix babilonica* como especies nativas de zonas ripariás. En esta zona se presentan especies indicadoras de deterioro además de algunas especies frutales.

Las formas de vida con mayor representación en la zona de estudio fueron las hierbas (366 especies), seguida por los árboles y arbustos (48 y 43 especies respectivamente), las formas de vida menos encontradas fueron las rastreras, epífitas y trepadoras (20, 4 y 5 especies respectivamente).

Se registraron diez especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, siendo tres además endémicas: *Acer negundo* var. *mexicanum*, *Furcraea bedinghausii*, *Dahlia scapigera* y como indicadoras de perturbación *Acaena elongata* y *Achillea millefolium* (Ávila-Akerberg *et al.* en prensa) (Cuadro 4.2.4.1.5.1).ⁱⁱⁱ

Cuadro 4.2.4.1.5.1

ESPECIES DE FLORA DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F. QUE APARECEN EN LA NOM-059-ECOL-2001

Pr = bajo protección especial, A = amenazada, P = en peligro de extinción

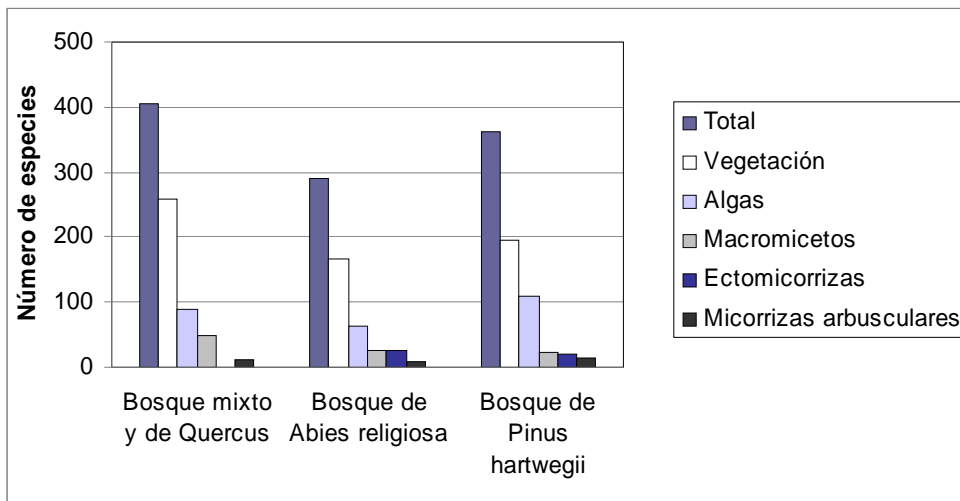
Familia	Especie	Nom-059
Aceraceae	<i>Acer negundo</i> L. var. <i>mexicanum</i> (DC.) Standl. & Steyerl.	Pr
Agavaceae	<i>Furcraea bedinghausii</i> K. Koch	A
Asteraceae	<i>Dahlia scapigera</i> (A. Dietr.) Knowles & Westc.	Pr
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Pr
Cupressaceae	<i>Juniperus monticola</i>	Pr
Ericaceae	<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs var. <i>discolor</i> (Hook.) Diggs	Pr
Fabaceae	<i>Trifolium wormskioldii</i> Lehm var. <i>Ortegae</i> (Greene) Barneby	A
Fabaceae	<i>Erythrina coralloides</i> DC.	A
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	P
Orchidaceae	<i>Corallorhiza macrantha</i> Schltr.	Pr

Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

2.4.1.6 Diversidad por tipo de vegetación

La mayor diversidad de especies por grupos se encuentra en el bosque mixto y de *Quercus*, seguido por el bosque de *Pinus hartwegii* y por último el de *Abies religiosa* (Gráfica 4). La presencia de flora en la zona urbana se reduce drásticamente, la mayor cantidad de especies son secundarias y especies introducidas.

Gráfica 4
NÚMERO DE ESPECIES POR TIPO DE BOSQUE,
PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE FLORA
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D. F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

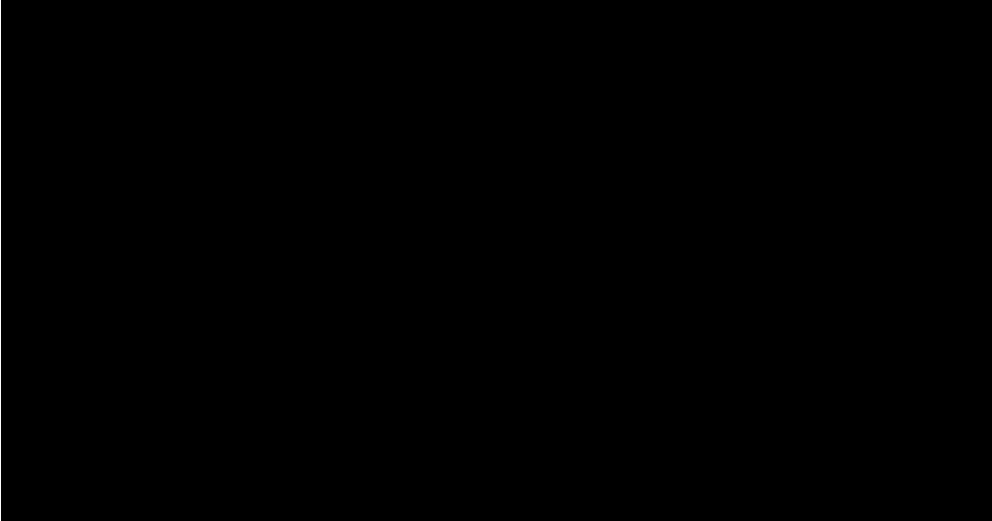
2.4.2 Fauna

La fauna asociada a la CRM está compuesta de 9 especies de anfibios, 20 especies de reptiles, 78 especies de aves y 51 especies de mamíferos (Gráfica 5). Esto resulta en un total de 158 especies de vertebrados (Anexo 7).



Gráfica 5

NÚMERO DE ESPECIES DE VERTEBRADOS
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

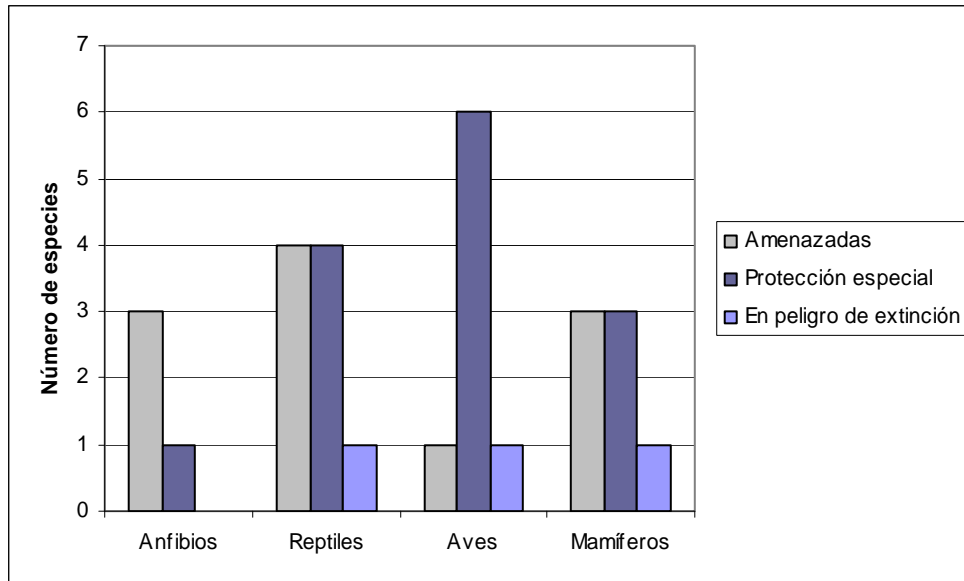


Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

De los vertebrados que habitan en la CRM, 28 especies aparecen en la NOM-059-ECOL-2001. Cuatro especies de anfibios, nueve de reptiles, ocho de aves y siete de mamíferos tienen algún estatus de conservación, de las cuales catorce especies están bajo

protección especial, once se encuentran amenazadas y tres están en peligro de extinción (Gráfica 6).

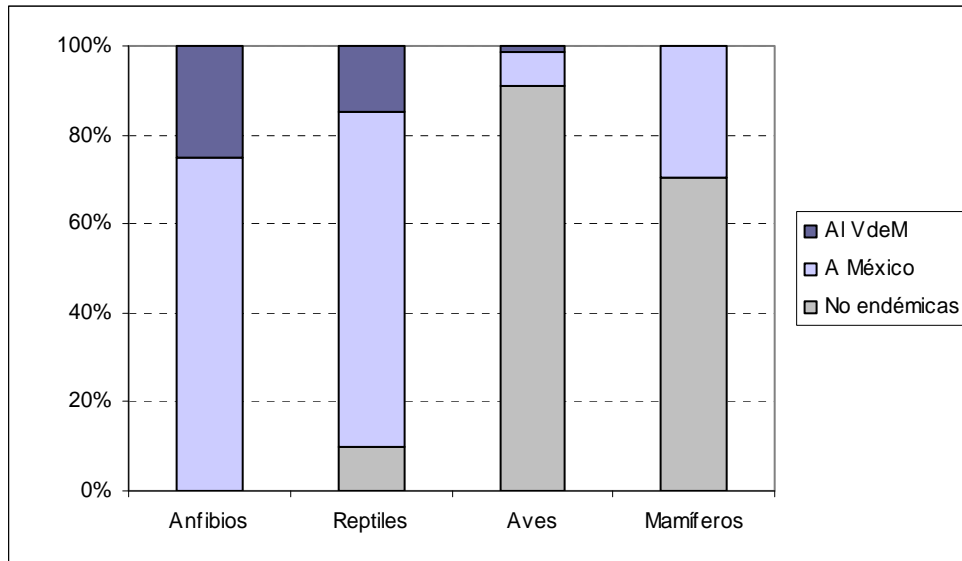
Gráfica 6
VERTEBRADOS DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.
QUE APARECEN EN LA NOM-059-ECOL-2001



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

Del total de especies de vertebrados, 29 son endémicas al país y 7 son endémicas a las serranías que delimitan la cuenca del valle de México. De este modo, el 31% de las especies de la región son endémicas de México, mientras que el 4.4% habitan exclusivamente en las serranías mencionadas (Gráfica 7). Es muy importante mencionar que una especie de salamandra (*Pseudoeurycea tlilicxitl*) solamente se ha registrado en la CRM.

Gráfica 7
PROPORCIÓN DE ENDEMISMOS PARA LOS VERTEBRADOS
DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

2.4.2.1 Anfibios

Las 9 especies de anfibios de la zona de estudio representan a dos órdenes y 3 familias. Todas son endémicas a México y 3 de ellas (el 33%, *Ambystoma altamirani*, *Pseudoeurycea altamontana* y *Pseudoeurycea tlilicxitl*) habitan exclusivamente las serranías que delimitan a la cuenca del Valle de México.

2.4.2.2 Reptiles

Se registraron 20 especies que comprenden 2 subórdenes (Sauria y Serpentes) y 5 familias. De estas 20 especies 90% son endémicas a México y el 15% (dos lagartijas: *Sceloporus anahuacus* y *Sceloporus sugillatus* y 1 serpiente de cascabel: *Crotalus transversus*) son



endémicas de las serranías que rodean a la cuenca del valle de México.^{iv}

2.4.2.3 Aves

Las 78 especies de aves que se encuentran en la zona pertenecen a 8 órdenes y 29 familias. El 9% son endémicas de México y el 1.3% (el gorrión serrano *Xenospiza baileyi*), habita exclusivamente las serranías de la cuenca del valle de México. Del total de aves registradas hasta ahora, el 85% son residentes permanentes en el área de estudio, mientras que 15% son migratorias de invierno o transitorias

2.4.2.4 Mamíferos

Las 51 especies de mamíferos que habitan la CRM pertenecen a 8 órdenes y 17 familias. El 29% son endémicas a México (15 especies).^v Entre los grupos más abundantes en la zona se encuentran los roedores, las ardillas, los murciélagos y los conejos. Sin embargo, también mamíferos de tamaño mayor habitan la CRM, tales como venados (*Odocoileus virginianus*), lince (*Lynx rufus*) y coyotes (*Canis latrans*).

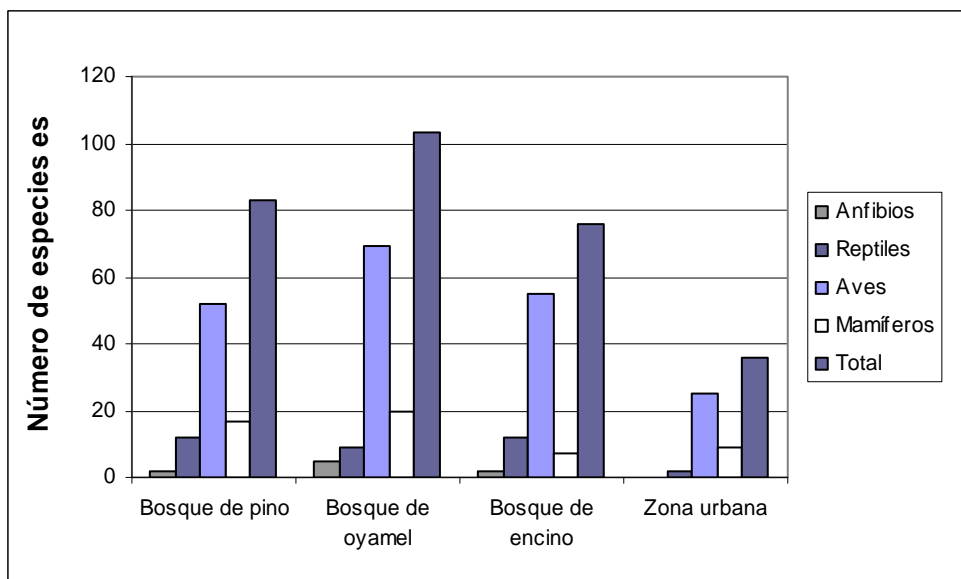
2.4.2.5 Análisis por tipo de bosque

El bosque de *Abies religiosa* es el que más especies de anfibios alberga. Para el caso de los reptiles los bosques *Pinus hartwegii* y de bosque mixto *Quercus* registraron la mayor diversidad. El bosque de *Abies religiosa* es la que presenta la mayor diversidad de especies de aves. Para los mamíferos, la comunidad de *Abies religiosa* y la comunidad *Pinus hartwegii* presentan la mayor diversidad de especies.

La presencia de vertebrados en la zona urbana se reduce drásticamente. No se presentan anfibios, sólo hay dos especies de lagartijas y nueve especies de mamíferos: tlacuache, cinco murciélagos, una ardilla, una tuza y un ratón. Por supuesto, es importante mencionar la presencia del ratón común (*Mus musculus*) y de las ratas negra (*Rattus rattus*) y parda (*Rattus norvegicus*)

(Gráfica 8).^{vi} Aún a pesar de la movilidad de las aves, de las 78 especies que habitan en la cuenca solamente 25 de ellas pueden ser observadas en la zona urbana.

Gráfica 8
NÚMERO DE ESPECIES POR TIPO DE BOSQUE PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE VERTEBRADOS QUE HABITAN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

2.5 Cobertura Vegetal

La vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo.¹¹ En la cuenca del río Magdalena, el relieve montañoso, el sustrato rocoso, el clima y elementos atmosféricos, la existencia de agua de manantiales y ríos, así como el tipo de suelo, han permitido el desarrollo de distintos tipos de vegetación¹² compuesta por bosques templados con gran variedad de especies.¹³ La cobertura vegetal es el principal elemento que permite la conservación de los suelos, los ciclos hidrológicos, bioquímicos, y la captura de carbono, así como la retención de partículas suspendidas.

La cuenca presenta un marcado gradiente altitudinal de los 2,500 (desde la unión con el río Eslava), en la parte baja a los 3,870 msnm en la parte alta. Se han identificado diferentes bosques con sus asociaciones (Cuadro 2.5.1), siendo los más importantes, el bosque mixto y Quercus, en la parte baja, el de Abies religiosa en la parte media y el de Pinus hartwegii en la parte alta.¹⁴ Además es posible encontrar pequeños manchones de matorral de Furcraea, pastizales, plantaciones forestales y agricultura.

Del análisis de la cobertura vegetal de la cuenca, los bosques se dividen en conservados, los cuales cubren una superficie de 1,997.6 ha, que corresponden al 66.7% y los deteriorados con una superficie



¹¹ S. Matteucci y A Colma 1982 Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington.167 pp.

¹² R Álvarez, 2000 Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos. Área de Conservación de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM, Mex. 127pp.

¹³ D A Ontiveros, *Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México.1 980

¹⁴ M Nava *Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.



de 426.7 ha, que representan el 14.3%, el 19% restante corresponde a las otras categorías de vegetación. (cuadro 2.5.2, mapa 3)

Los bosques conservados en orden de importancia por superficie ocupada son: de *Abies religiosa*, de *Pinus hartwegii*, de *Quercus*, y el mixto con diferentes asociaciones,

Dentro de los bosques deteriorados se encuentran: Bosque de *Abies*-pastizal inducido, de *Abies*-vegetación secundaria, de *Pinus hartwegii*-pastizal, de *Quercus*-pastizal inducido, mixto-pastizal inducido y mixto-vegetación secundaria.

Cuadro 2.5.1
BOSQUES Y ASOCIACIONES DE LA CUENCA
DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

Bosque	Asociación vegetal
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> - <i>Pinus hartwegii</i>
	<i>Festuca tolucensis</i> - <i>Pinus hartwegii</i>
Bosque de <i>Abies religiosa</i>	<i>Acaena elongata</i> - <i>Abies religiosa</i>
	<i>Roldana angulifolia</i> - <i>Abies religiosa</i>
	<i>Abies religiosa</i> - <i>Senecio cinerarioides</i>
Bosque mixto y de <i>Quercus</i>	<i>Abies religiosa</i> - <i>Quercus laurina</i>
	<i>Quercus laurina</i> - <i>Quercus rugosa</i>
	<i>Pinus patula</i> - <i>Cupressus lusitanica</i>

Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

2.5.1.1 Bosque de *Abies religiosa*

Este bosque denso se localiza en la parte media de la cuenca, cubre la mayor superficie 1130.3 ha, el 37.8%. Con pendientes muy pronunciadas.

Los estratos dominantes son el arbóreo y arbustivo, presentando coberturas de hasta el 100%. Siendo las especies características:



Abies religiosa y *Roldana angulifolia*. Otras especies para el estrato arbustivo son: *Cestrum thysoideum*, y *Roldana barba-johannis*. Y en el herbáceo *Acaena elongat* y *Salvia elegans*.

2.5.1.2 Bosque de *Pinus hartwegii*

Este bosque abierto, se localiza en la parte alta de la cuenca por arriba de los 3,300 m snm, cubre una superficie de 607.4 ha, el 20.3% de la superficie de la cuenca. Se caracteriza por la dominancia de *Pinus hartwegii* en el estrato arbóreo monoespecífico y de un estrato herbáceo dominado por gramíneas en donde destacan: *Festuca tolucensis* y *Muhlenbergia quadridentata*. En el arbustivo aparece *Vaccinium caespitosum* y en el rasante se presenta *Alchemilla vulcanica*,

2.5.1.3 Bosque mixto y de *Quercus*

Estos bosques densos se localizan en la parte baja de la cuenca, cercano a la zona urbana, cubren una superficie de 166.8 ha, el 5.6% de la superficie, sobre pendientes muy pronunciadas, caracterizados por un estrato arbóreo dominante conformado por la mezcla de diferentes especies como: *Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus patula*, *P. pseudostrobus*, *Abies religiosa*, *Arbutus xalapensis* y *Cupressus lusitanica*. El estrato arbustivo se encuentra representado por: *Cestrum thysoideum*, *Eupatorium petiolare* y *Verbesina oncophora*. Dentro del herbáceo se encuentran: *Adiantum andicola*, *Castilleja arvensis*, *C. tenuiflora* y *Salvia polystachia*.

2.5.1.4 Pastizales

Los pastizales inducidos cubren 199.3 ha, el 6.7 % de la superficie total, se presentan en toda la cuenca, los de mayor superficie se localizan en los llanos de cienaguillas en la parte alta de la cuenca y cercanos a los caminos. Las especies características son: *Festuca tolucensis* y *Muhlenbergia macroura*, *Calamagrostis intermedia*, *Sporobolus indicus*,



Piptochaetium seleri, *Stipa virescens*, *Vulpia myurus* y *Stipa ichu*, *Pennisetum clandestinum* y *Poa annua*.¹⁵

2.5.1.5 Matorral de *Quercus* y *Furcraea bedinghausii*

Se localiza en la parte baja, con una superficie de 21.2 ha que corresponde al 0.7% en donde los elementos representativos son *Quercus rugosa*, *Q. laurina* y *Alnus jorullensis* ssp. El matorral de *Furcraea*, se localiza en el cerro la Coconetla, con una superficie de 3.8 ha (0.1).

2.5.1.6 Plantaciones forestales (bosque artificial)

El bosque artificial se localiza cerca de las zonas agrícolas y de pastizal, ocupan 6.2 ha (0.2%), son principalmente plantaciones de *Cupresus*.

2.5.1.7 Agricultura

Agricultura de temporal, la superficie cubierta por este uso de suelo es de 11.9 ha, representa el 0.4 % de la superficie total de la cuenca. Se distribuyen en la parte baja de la cuenca. Cultivándose principalmente gramíneas y maíz.

2.5.1.8 Urbano

Dentro de esta categoría quedan incluidos, la zona urbana y los asentamientos humanos, se localizan principalmente en la parte baja de la cuenca, cubren una superficie de 90.4 ha, el 3.0 %, de la cuenca.

¹⁵ M Rubio, Pastizales del Suelo de Conservación de la Delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura, (en preparación)

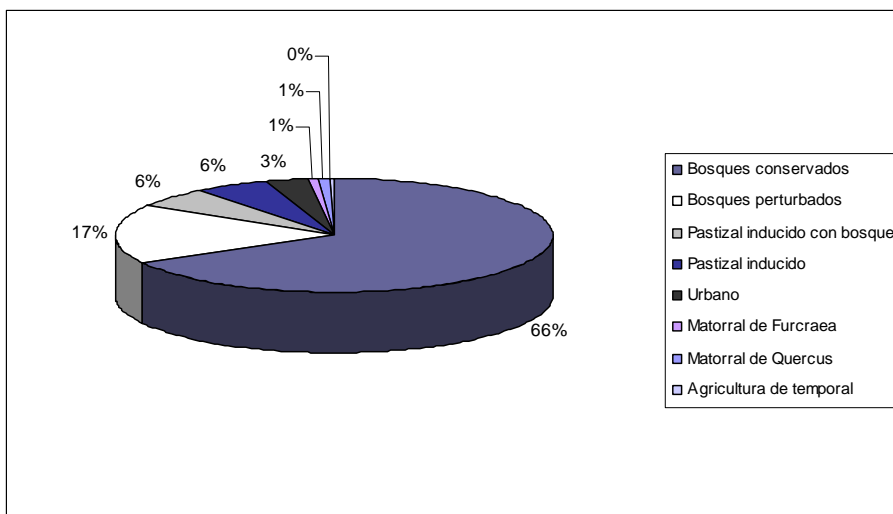
Cuadro 2.5.2
SUPERFICIE POR TIPO DE VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO,
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

Cobertura	Superficie en (ha)	%
Bosques conservados	1997,6	66,8
Bosques perturbados	493,7	16,5
Pastizal inducido con bosque	175,0	5,8
Pastizal inducido	199,3	6,5
Poblados	90,4	3,0
Matorral de <i>Quercus</i> y <i>Furcraea</i>	25,1	0,8
Agricultura de temporal	11,9	0,4
Superficie total	2992,8	100

Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.

Los bosques conservados cubren más del 60% de la superficie total de la cuenca (Gráfica 9), los que indica que la zona se encuentra más o menos bien conservada, mientras que los bosques con algún grado de deterioro cubren más del 16% de la cuenca.

Gráfica 9
TIPO DE VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO,
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.



2.5.1 Cambio en la estructura de los bosques

La estructura del bosque depende de la composición de especies que lo conforman, la dominancia de las diferentes formas de vida y de las dinámicas ecológicas intra- e inter- específicas. Los bosques están constituidos por todo un conjunto de especies con diferentes formas de vida, resultado de diferencias en cuanto a su morfología y tamaño. Dichas características son lo que conforman los diferentes estratos del bosque: arbóreo, arbustivo, herbáceo y rasante.

Por su parte, las dinámicas ecológicas intra e inter- específicas, dan origen a la variación en la composición de especies, lo que da como resultado que la estructura de los bosques no sea estática. Esta variación es cada vez más marcada, cuando un bosque está sometido a condiciones de deterioro.

Así también, la variación en la composición de especies permite la conformación de asociaciones vegetales dentro del bosque dadas por su identidad y forma de crecimiento¹⁶ en las cuales, se pueden encontrar diferencias significativas en la estructura del bosque.

2.5.1.1 Bosque de *Pinus hartwegii*

El estrato arbóreo está dominado por individuos de la especie *Pinus hartwegii*, que presentan un DN y una altura promedio de 0.17 m y de 9.22 m respectivamente, en tanto que la edad promedio es de 31 años.

La asociación de *Festuca tolusensis-Pinus hartwegii*, tiene una densidad arbórea de 498 ind/ha. Se considera un bosque joven con la más alta regeneración, cuyos individuos presentan un DN y una altura promedio de 0.18 m y 10.94 m respectivamente.

La asociación *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii*, tiene una densidad arbórea de 465 ind/ha. El análisis estructural muestra un DN y una altura promedio de 0.17 m y 9.26 m respectivamente, con una baja regeneración.

¹⁶ D Mueller-Dombois and Ellenberg, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York, 547 pp. 1974.



La asociación de pastizal-*Pinus hartwegii*, tiene una densidad arbórea de 155 ind/ha. Muestra una codominancia en el estrato herbáceo con las especies *Muhlenbergia quadridentata* y *Festuca toluensis*. Es un bosque joven con la más baja regeneración y cuyo DN y altura promedio son de 0.21 m y 12.19 m respectivamente.

2.5.1.2 Bosque de *Abies religiosa*

Estructuralmente corresponde a un bosque natural joven cuyo crecimiento se ve influenciado por diversas fuentes de deterioro como cortas, pastoreo e incendios.

La asociación de *Roldana angulifolia*-*Abies religiosa*, es la dominante con una densidad arbórea de 443 in/ha. El análisis de estructura horizontal y vertical muestra una inclinación hacia categorías diamétricas y altimétricas menores a 0.20 m y 10 m respectivamente.

La asociación de *Acaena elongata*-*Abies religiosa*, está representada por pequeños manchones con una densidad arbórea de 212 in/ha. El análisis de estructura muestra la presencia de individuos de aproximadamente .60 m de DN e individuos de hasta 30 m de altura. Se considera una asociación joven con tendencia a la madurez.

Senecio cinerarioides-*Abies religiosa* es la asociación con mayor deterioro, indicado por la baja densidad arbórea (tan sólo 36 in/ha), la abundancia de *S. cinerarioides* que es una especie indicadora de incendios, así como un alto número de tocones e individuos muertos en pie. El análisis de estructura horizontal y vertical, muestra mayor cantidad de individuos en las primeras categorías diamétricas y altimétricas, la cuales no son mayores de 1 m y 10 m respectivamente.

2.5.1.3 Bosque de *Quercus rugosa*-*Q. laurina*

Bosque con 2 estratos principales: arbóreo y herbáceo. Este bosque presenta una altura de 8 a 30 m, pero en promedio es de 13 m. La cobertura del estrato arbóreo es moderadamente densa (60%). El estrato herbáceo casi siempre tiene coberturas bajas mientras que el arbustivo no pasa del 5% de cobertura.



La regeneración es baja y la reforestación ha sido con cedro blanco principalmente, aunque en algunos lugares han plantado algunos encinos. Este bosque abarca la parte baja del área de estudio. En este bosque se encuentran la mayoría de los asentamientos irregulares de la CRM.

2.5.2 Cambio del uso de Suelo 1970-2005

Dada la dinámica demográfica, la zona metropolitana del Distrito Federal ha experimentado un acelerado crecimiento de la mancha urbana en los últimos cincuenta años, proceso que se ha extendido sobre las zonas boscosas y que por lo tanto ha afectado a la cuenca del río Magdalena tanto de forma directa, con la formación de asentamientos humanos, como de forma indirecta, causando el cambio de uso en el uso de suelo de forestal a urbano, así como modificándose la estructura y composición de los bosques.

A continuación se describe de forma general el cambio de uso de suelo de 1970 a 2005 en la cuenca del río Magdalena.

En lo que se refiere al bosque de *Abies religiosa* su condición natural ha disminuido y por lo tanto han aumentado las zonas más perturbadas en este periodo. Las causas de esta disminución pueden deberse a diversos factores, entre los que destacan la tala clandestina, los incendios y a la presión que ejercen los visitantes sobre el bosque.

El bosque de Pinus hartwegii es un bosque en el que se observa aumento en su extensión. Sin embargo, las zonas de *Pinus hartwegii*-pastizal se han transformado a zonas más abiertas, lo que puede deberse a la deforestación y a la constante presencia de ganado en la zona.

Los bosques que se encuentran en la parte baja de la cuenca son el bosque de *Quercus* y el bosque mixto, en los cuales se observa un incremento en su extensión. Las causas de esto pueden deberse al abandono de las actividades productivas en la zona, principalmente la agricultura. Cabe resaltar que a pesar de que se ha



recuperado parte de la vegetación, ésta ha sido parcial debido a que éstos son los bosques que se han visto más afectados por el crecimiento de la mancha urbana que está presionando y modificando estos remanentes de bosque. Por otra parte, es importante mencionar que, dentro de estos bosques en la zonas más cercanas al río se registran elementos del bosque mesófilo, y dada la presión antropogénica a la que han estado expuestos en dicho periodo, actualmente se han reducido, dando como resultado que actualmente sólo se encuentren algunos elementos relictuales. Esto puede deberse a que este tipo de vegetación se encuentra a las orillas del río la cual es una zona particularmente atractiva para los visitantes.

2.5.3 Deterioro Ambiental

El deterioro ambiental se define como la transformación del ambiente causado por fenómenos naturales o antropogénicos que trae consigo la reducción o pérdida total de las propiedades biológicas y físicas, que tiene como última consecuencia la disminución de servicios proporcionados por los ecosistemas (Landa et al. 1997). En la cuenca en general, el deterioro ambiental tiene diferentes orígenes e impactos, dependiendo de una serie de factores como: los tipos de vegetación, de suelo, de clima, la topografía, la cercanía con el cauce del río y el grado de intervención humana (Cuadro 2.5.1).

Cuadro 2.5.3.1
TIPOS DE DETERIORO POR BOSQUE,
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

Bosque	Tipo de deterioro	Fuentes de deterioro
<i>Pinus hartwegii</i>	Erosión, fragmentación y ocurrencia de incendios.	Condiciones naturales, presas de gavión y terracerías, presencia de ganado e intersección de terracerías y del río.
<i>Abies religiosa</i>	Fragmentación, incendios, contaminación del agua y del cauce del río por sólidos.	Presas de gavión, generación de claros, falta de control del ganado y afluencia de turistas.
Bosque mixto y de <i>Quercus</i> sp.	Fragmentación, ocurrencia de incendios, contaminación por sólidos, especies introducidas, contaminación del agua y del cauce del río, de obras de infraestructura y proliferación de asentamientos irregulares.	Claros, falta de control del ganado, afluencia de turistas, construcción de obras de ingeniería y de viviendas en áreas con usos de suelo no apropiados.
Zona urbana	Contaminación, especies introducidas y obras de infraestructura.	Vertido de aguas negras y desechos domésticos, introducción de especies no nativas, entubamiento del río.

Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.



Bosque de *Pinus hartwegii*: El deterioro por erosión es el resultado del tipo de suelo, la topografía y la escasa cobertura arbórea. La fragmentación ocurre por la adopción de una serie de medidas de manejo mal planeadas, como la construcción de presas de gavión y el trazado indiscriminado de terracerías. La ocurrencia de incendios se debe a que este tipo de bosque es la que sufre los mayores efectos en las temporadas de sequía, es la más expuesta a los efectos de los relámpagos y es la que tiene mayor cantidad de pastos, que al secarse en la época de secas producen combustibles de fácil ignición.

La fragmentación ocurre principalmente en las áreas cercanas al río, y se debe a la presencia de presas de gavión y los caminos de terracería, que en esta parte de la cuenca aumentan. La erosión es mayor como consecuencia de los efectos conjugados de la velocidad de agua del cauce por el incremento de la pendiente, la mayor afluencia de agua, la presencia de veredas en la rivera del río y la escasa vegetación estabilizadora de los suelos. La ocurrencia de incendios es la misma que en la parte alta. La presencia de ganado en esta parte de la cuenca es el resultado de una falta de control, ya que los animales pueden acceder libremente para pastar por toda el área dejando el terreno apisonado y con estiércol, que en las partes cercanas al río son fuente de contaminación microbiana. La intersección de las terracerías y del río, son consecuencia de una mala planeación en el trazado de los caminos.

Bosque de *Abies religiosa*: En las partes cercanas al río, la fragmentación continúa siendo consecuencia directa de las presas de gavión, sin embargo, los claros de bosque por cultivos, incendios y tala por manejo forestal, también son fuentes importantes de fragmentación. Los incendios en esta área de la cuenca tienen un efecto menor, debido a que este tipo de vegetación permite que la humedad se retenga en mayor medida durante la época de secas. La presencia de ganado en esta área también se debe a la falta de control, sin embargo, en este tipo de vegetación tiene un impacto más alto porque el sotobosque es más cerrado lo que lo hace susceptible al ramoneo y/o pisoteo de los animales. La contaminación por sólidos es consecuencia del acceso de turistas



que dejan basura, sobre todo en áreas aledañas a terracerías y veredas.

En donde finaliza la carpeta asfáltica de la carretera al Cuarto Dinamo, las características topográficas del terreno continúan siendo muy abruptas, esta zona se encuentra encañonada por los cerros La Coconetla y Tarumba. Las principales formas de deterioro son la fragmentación, los incendios, la presencia de ganado, la contaminación del cauce del río y la presencia de obras de infraestructura.

La fragmentación, es el resultado de la gran cantidad de terracerías y claros de bosque generados artificialmente. La ocurrencia de incendios aunque también es menor que en el área cubierta por el bosque de Pinus, está asociada a actividades humanas. La presencia de ganado es menor que en la parte alta de este tipo de bosque, sin embargo, sus repercusiones continúan siendo importantes por el efecto que tienen los animales a través del ramoneo y la compactación de los suelos. La contaminación por sólidos aumenta notablemente como consecuencia de una mayor afluencia de personas, lo cual además genera una mayor compactación del suelo y actividades de vandalismo como el marcaje de árboles y rocas con graffiti y/o tallas. La contaminación del cauce también está asociada al aumento del número de personas y se manifiesta a través de la presencia de basura en el río. La construcción de obras de infraestructura desde principios del siglo pasado (la canalización del cauce y la edificación del Cuarto Dinamo), ha dado como resultado la alteración parcial del curso del río. Adicionalmente, en esta localidad de la cuenca, la presencia de especies vegetales arvenses y ruderales cobra importancia, como resultado de la dispersión de semillas por parte del ganado, vehículos automotores y los visitantes.

Bosque mixto y *Quercus*: La fragmentación en esta parte de la cuenca tiene su origen en actividades como la agricultura y la creación de áreas de recreación turística, lo cual está estrechamente relacionado con los proceso del cambio de uso de suelo. La ocurrencia de incendios está asociada a prácticas de agricultura, eliminación de basura y actividades turísticas como fogatas. La contaminación por sólidos aumenta marcadamente en esta parte



baja por la mayor afluencia de visitantes. La introducción de especies vegetales es el resultado de una serie de medidas con fines estéticos que no tuvo en cuenta la composición original del bosque en esta parte de la cuenca, mientras que la introducción de especies animales es el resultado del abandono de animales domésticos y la presencia de especies nocivas que normalmente están asociadas a basureros o asentamientos irregulares. La contaminación del río también es consecuencia de la mayor afluencia de visitantes, por medio de la deposición de basura en el cauce, o a través del vertido de desechos domésticos, resultado de la elaboración de comida en los puestos comerciales que abundan en esta zona. La existencia de obras de infraestructura aumenta marcadamente por la presencia, desde hace ya casi cien años, de los dinamos, los cuales generaron alteraciones en el curso del río y el aislamiento en ciertos puntos del canal con el medio edáfico. La proliferación de asentamientos irregulares es el resultado del crecimiento urbano sin regulación que últimamente ha ocurrido en las partes altas de las cañadas, lo cual a su vez ha generado situaciones de riesgo potencial.

Zona urbana: El cambio de uso de suelo es resultado de la urbanización, se han invadido incluso las orillas del cauce, lo cual ha generado todas las otras formas de deterioro. La contaminación por sólidos se debe al arrastre de basura desde la zona de la Cañada en donde se encuentra el bosque mixto, y por otro del vertido de aun más basura domestica por parte de los vecinos del río; la presencia de especies vegetales introducidas en el estrecho espacio que queda disponible entre el cauce y las construcciones aledañas, es el resultado de la plantación principalmente de árboles ornamentales y del establecimiento de especies ruderales que soportan bien las condiciones deterioradas. La contaminación del cauce del río es resultado del arrastre de la contaminación de la parte alta de esta región, pero además del vertido de aguas negras de origen domestico a través de una serie de desagües y colectores que utilizan como drenaje al río. La presencia de una cantidad significativa de obras de infraestructura, es la consecuencia de las modificaciones que se han tenido que realizar para hacer del cauce del río, un drenaje que llega a la presa Anzaldo la cual a su vez se conecta al río Churubusco. Las obras de infraestructura en esta parte



del río, comprenden toda una serie de intervenciones dentro de las cuales se encuentran: desagües y tuberías, alteración del curso del río por obras de ingeniería hidráulica y el aislamiento total del medio edáfico por medio del cubrimiento con concreto, de las paredes del canal o por el entubamiento del cauce.

Las condiciones de deterioro del río en las partes urbanas antes de su unión con el río Churubusco, son más o menos constantes, salvo la adición de más aguas negras de origen doméstico y la variación entre condiciones en las que el cauce está al aire libre y completamente entubado. De cualquier manera al grado de deterioro para esta parte del río se puede definir como severo.



2.6 Identificación y Caracterización de los principales servicios ambientales

Según la clasificación del Millennium Ecosystem Assessment (2003), los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios que los hombres obtienen de los ecosistemas; es decir, las condiciones y procesos en donde los ecosistemas naturales y las especies que habitan en ellos satisfacen las necesidades del hombre. Se clasifican según la forma en cómo son provistos y en cómo se relacionan con el ser humano en servicios de provisión, regulación, culturales y de soporte.

Para identificar los servicios ecosistémicos se dividió a la zona natural de la cuenca del río Magdalena en tres grandes unidades de acuerdo al tipo de bosque y a la altitud: la parte alta (3500-3800 msnm) caracterizada por el bosque de *Pinus hartwegii*, la zona media (3000-3500 msnm) por el bosque de *Abies religiosa* y la parte baja (2500-3000 msnm) por el bosque mixto y de *Quercus sp.* Se han identificado hasta el momento 5 servicios de provisión, 7 de regulación, 3 culturales y 2 de soporte (figura 1).

Cuadro 2.6.1

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

Servicios de provisión	Servicios de regulación	Servicios culturales
<ul style="list-style-type: none"> Alimento Agua dulce Madera, fibras y productos no maderables Medicinales Recursos genéticos 	<ul style="list-style-type: none"> Control de plagas y enfermedades Control de inundaciones y remoción en masa Calidad del agua Polinización Purificación del aire a través del almacén de carbono Dispersión de semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Belleza escénica Recreación y ecoturismo Herencia cultural
<p>Servicios de soporte</p> <ul style="list-style-type: none"> Formación y retención de suelo Ciclo de nutrientes 		

Fuente: Facultad de Ciencias, UNAM, 2008.



Servicios de provisión: Son los productos obtenidos directamente del ecosistema, es decir los bienes tangibles o productos finitos (aunque renovables) de apropiación directa. Se pueden medir, cuantificar e incluso poner precio. Para la CRM se han caracterizado los siguientes servicios de provisión.¹⁷

Agua dulce.- la provisión de agua se genera en toda la cuenca, en las siguientes proporciones: 8 199 360 m³ al año en la parte alta, 10 091 520 m³ en la media y 1 020 182 m³ en la parte baja. Generando una provisión del servicio del orden de los 20 millones de m³ de agua al año, 0.65 m³s⁻¹ (Jujnovsky, 2006).

El agua se consume directamente del río por los comuneros que tienen puestos de comida en la zona de los dinamos; ellos la utilizan para los servicios de la vivienda, estanques de engorda de trucha y para actividades relacionadas con su negocio (sanitarios, lavar trastes, cocinar). En la zona urbana, el agua del río Magdalena la consumen principalmente los habitantes de la porción NW de la delegación Magdalena Contreras, los pueblos de San Bernabé y San Jerónimo Lídice. Esta se recibe después de que la filtra la planta potabilizadora, posteriormente esa agua se distribuye a las zonas arriba mencionadas. La planta potabiliza (200 L/s), el resto del agua es entubada para formar parte del drenaje en la presa Anzaldo. El servicio de provisión de agua, únicamente se genera en las partes altas de la cuenca, mientras que en la zona urbana únicamente se da el consumo.¹⁸

Madera.- Madera, combustible y productos no maderables.- La extracción de madera no es económicamente significativa, algunos pobladores locales cortan leña para estufas de los puestos de comida y casas. Esto es a escala pequeña porque la mayoría de los

¹⁷ J Jujnovsky. *Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.

¹⁸ *Ibid.*



que viven cerca del pueblo de la Magdalena cocinan con gas natural.

19

Entre los productos no maderables, la gente aprovecha algunas plantas para hacer escobas; recogen bellotas de los encinos, conos de pinos y oyameles para hacer adornos, y utilizan heno y musgo en la temporada navideña.

Dado que para que se dé este servicio es indispensable la presencia de la vegetación arbórea, los productos maderables se generan únicamente en la zona natural de la cuenca, y se pueden consumir en las zonas más rurales de la misma.

Alimento.- de las 187 plantas útiles registradas en la CRM, 25 especies son comestibles. Para los hongos hay 12 especies en la bosque de *Pinus hartwegii*, 9 en *Abies religiosa* y 15 en bosque Mixto. Respecto a la fauna, se han registrado 2 especies de codornices que pueden utilizarse como alimento potencial. Dependiendo de la temporalidad del agua, se pueden encontrar truchas, estas son producidas por 7 grupos familiares y se extrae en promedio entre 25 a 40 toneladas al año.

Productos medicinales.- se tienen registradas 140 plantas medicinales para la zona natural de la CRM. Dentro de los usos más importantes se encuentran las que sirven para curar infecciones del aparato digestivo, respiratorio, urinario e infecciones de la piel.²⁰

A su vez se tiene una primera aproximación sobre aves (golondrinas y vencejos) que podrían utilizarse para el mismo fin.

Recursos genéticos.- La CRM cuenta con importantes recursos genéticos de especies que se encuentran amenazadas y en peligro de extinción. La variedad de genes entre y dentro de las especies es reflejo de la biodiversidad, por lo que las zonas donde se presenta una alta diversidad tendrá una gran variedad de recursos genético, los cuales permiten a las especies adaptarse a nuevas situaciones,

¹⁹ Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Base de datos de los censos. Información Interna. 2000

²⁰ Hernández-Sánchez en preparación.



defenderse de plagas y enfermedades, ajustarse a los cambios en el ambiente y el clima.

En el caso de los hongos macroscópicos se tienen registrados 108 especies en el bosque de *Pinus hartwegii*, 115 especies en *Abies religiosa* y 168 en el bosque mixto. Se calcula que en la demarcación política existen entre 1,000 a 1,500 especies que aun no han sido registrados.

Se han encontrado cuatro órdenes, seis familias y seis géneros de hongos micorrizógenos que forman parte de los microorganismos del suelo y tienen efectos positivos sobre el establecimiento, crecimiento y supervivencia de las plantas. Por otro lado, la riqueza de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en bosque mixto y de *Quercus* está integrada por 10 especies pertenecientes a géneros como *Glomus* y *Acaulospora*.

En lo que respecta a la vegetación, se encuentran alrededor de 21 especies arbóreas, dentro de las que destacan los *Pinus* (9 especies), *Abies*, *Quercus* (al parecer 3 especies) y *Aile* (2 especies) entre otras.

Particularmente para especies de fauna, la CRM cuenta con importantes recursos genéticos de especies que se encuentran amenazadas y en peligro de extinción, como: la serpiente de cascabel (*Crotalus transversus*), el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) y el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*).

Servicios de regulación: Son los mecanismos de regulación que benefician al entorno en el que se desarrolla la población humana. Son aquellos beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ambientales. Para la CRM se han identificado los siguientes servicios.

Control de plagas y enfermedades.- Se tienen registrados 5 especies de pájaros carpinteros y una especie carroñera que ayuda a controlar las plagas en la CRM. A su vez algunas especies de hongos también forman parte del control de enfermedades, de las cuales se han reportado 33 especies en el bosque de *Pinus hartwegii*, 38 en *Abies religiosa* y 42 especies en la comunidad de bosque Mixto y de *Quercus*.

Control de inundaciones y remoción en masa.- la vegetación de la CRM favorece a que no haya remoción en masa en el área y a



mantener el ciclo hidrológico local. Los suelos son muy permeables por lo que la vegetación es fundamental para que disminuya el escurrimiento superficial y de esta manera el suelo no se sature y comience a moverse. Este servicio se genera y consume principalmente en la comunidad de *Abies religiosa* ya que tiene las laderas más pronunciadas, mayores a los 30°. ²¹ Las remociones en masa, pueden ser grandes en las zonas donde se han hecho obras, ya sea caminos o casas, ocurren donde hay deforestación por los asentamientos irregulares. El resto de la remoción en masa se puede dar por caída de árboles por el viento o agua, tanto en la zona baja como en la media ya que las raíces actúan como matriz de retención del suelo. Debido a la elevación de la zona, en la cuenca no hay inundaciones. El nivel del río sube en época de lluvias, pero sólo afecta a algunas viviendas que se encuentran al lado del río en la parte baja. Este tipo de asentamientos son irregulares, ya que la ley señala que no se puede construir a 5 m a cada lado del cauce del río.

Los escurrimientos máximos registrados para la zona son del orden de los 3 ó 4 m³s⁻¹ y se dan desde julio hasta octubre. En esta época es cuando más actúa el servicio ecosistémico de control de inundaciones afectando principalmente el bosque mixto y de *Quercus*. ²²

Purificación del aire a través del almacén de carbono.- el CO₂ atmosférico es incorporada a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que la vegetación pueda desarrollarse. Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. El hecho de que ese carbono no se emita a la atmósfera en forma de CO₂ es un servicio ecosistémico porque contribuye con la purificación del aire.

En la CRM, el bosque de *Abies religiosa* (1433 ha), almacena un total de 83,603 tC y en promedio 58 tC/ha. Por asociación vegetal, la de *Roldana angulifolia–Abies religiosa* presenta contenidos de

²¹ Jujnovsky, 2006.

²² *Ibid.*



carbono medio - alto con 68 tC/ha, en tanto que la asociación de *Acaena elongata*-*Abies religiosa* presenta contenidos de carbono altos con 117 tC/ha y *Senecio cinerarioides*-*Abies religiosa* presenta contenidos de carbono bajos con tan sólo 13 tC/ha.

En el bosque de *Pinus hartwegii* (1,014 ha) presenta un almacén total de carbono de 44,564 tC y un promedio de 44 tC/ha. La asociación de *Pinus hartwegii*-*Festuca toluensis* presenta un contenido de carbono de 58.5 tC/ha, mientras que el contenido de carbono de la asociación *Pinus hartwegii*-*Muhlenbergia quadridentata* es de 62.17 tC/ha. Una tercera asociación con codominancia en el estrato herbáceo con las especies *Muhlenbergia quadridentata* y *Festuca toluensis*, almacena un contenido de carbono de 20.84 tC/ha.

Aun falta estimar el almacén de carbono para el bosque mixto y de *Quercus*. Se estima que la vegetación de la zona urbana también almacena carbono, sin embargo no se da en la misma proporción que en las zonas boscosas.²³

Calidad del agua.- El agua del río Magdalena es de relativamente buena calidad, hasta para consumo humano, en la zona alta, mostrando un cambio gradual de la calidad del agua conforme el río fluye hacia la parte baja y se incrementan las actividades humanas.

El cambio progresivo de las características fisicoquímicas del agua se refleja en las modificaciones que sufre la estructura de las comunidades de diatomeas, así como las densidades de bacterias indicadoras de contaminación fecal registradas, que incluyeron cuatro grupos de microorganismos: Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF), Enterococos Fecales (EF) y otras bacterias. Se registró una menor densidad de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en la zona más alta y menos perturbada del río, lo que va aunado a una menor concentración de nutrientes (amonio, nitratos,

²³ M Nava. *Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.



fósforo, medidos en mg/L) en la parte alta, la cual se incrementa conforme fluye hacia la zona urbana.^{24, 25}

Polinización.- La polinización es necesaria para la reproducción de la mayoría de las plantas con flores. Cerca de 220,000 especies de plantas requieren de animales como las abejas o colibríes para completar su ciclo vital. Más de 100,000 especies animales (como murciélagos, abejas, escarabajos, aves, mariposas y moscas) proveen este servicio tanto en sistemas naturales como dentro de cultivos. Por lo tanto, la continua disponibilidad de estos polinizadores depende de la existencia de una amplia variedad de habitats necesarios para su alimentación, reproducción exitosa y completar su ciclo de vida.²⁶

Para la CRM, diversas especies de aves (particularmente los colibríes *Hylocharis leucotis*, *Lampornis clemenciae* y *Eugenes fulgens*) y dos de murciélagos (*Anoura geoffroyi* y *Choeronycteris mexicana*) fungen como polinizadores de una considerable proporción de las especies de plantas de la región. La importancia de este servicio radica en que un tercio del alimento consumido por los seres humanos se deriva de plantas polinizadas por polinizadores de “vida salvaje”. Sin el servicio de polinización, campos de cultivo podrían declinar en su producción y muchas especies nativas podrían extinguirse.²⁷

Dispersión de semillas.- Para las plantas, el movimiento hacia nuevos sitios más allá de la sombra de sus progenitores se alcanza mediante dispersión de semillas. Muchas semillas son dispersadas por animales, sin los miles de especies de animales que actúan como dispersores, muchas plantas podrían fracasar en el proceso de

²⁴ Y Monges. (en proceso). *Calidad del agua como elemento integrador para la rehabilitación del río Magdalena*, D.F. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. UNAM. México.

²⁵ M Bojorge-García. *Ecología de comunidades algales en una localidad del río la Magdalena*, D.F. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 2002.

²⁶ Buchmann, S.L. & G.P. Nabhan. *The forgotten pollinators*; Island Press. 1996.

²⁷ *Ibid.*



reproducción y establecimiento.²⁸ La interrupción de este servicio puede dejar grandes áreas de bosque desprovistas de plántulas y grupos de edad más jóvenes de árboles, y así ser incapaces de recuperarse rápidamente de un disturbio. Para la CRM, se tienen registradas numerosas especies de aves dispersoras: la tortolita común, córvidos, tordos, pájaros semilleros, el zanate, y especies de gorriones. También las ardillas y los roedores contribuyen con la dispersión de semillas no sólo de los árboles dominantes (*Pinus*, *Abies* y *Quercus*) sino también de todas las demás especies de flora en la CRM.

Controladores de poblaciones.- Las especies de aves y de lagartijas, todas insectívoras, colaboran en mantener en equilibrio a las poblaciones de insectos. Las 4 especies de aves rapaces (la aguililla y los gavilanes) regulan las poblaciones de aves y de roedores. Los mamíferos carnívoros (el lince, la comadreja, la zorra y el coyote) y las 3 serpientes de cascabel también contribuyen en mantener las poblaciones de roedores, lagartijas y anfibios bajo cierto umbral.

Servicios culturales: Son los beneficios intangibles (no materiales) que se obtienen de los ecosistemas, fuente de inspiración para el espíritu humano y dependen del contexto cultural. Los servicios culturales identificados para la cuenca son:

Belleza escénica.- se genera en las áreas donde el bosque presenta buena cobertura vegetal y zonas cercanas a cuerpos de agua, ya que el río es cristalino, las cascadas y los manantiales contribuyen a crear un clima de armonía en donde los visitantes disfrutan del paisaje.

Recreación y ecoturismo.- La parte baja y media de la cuenca son zonas de esparcimiento que reciben aproximadamente 120 mil personas al año, en busca del atractivo principal: el río Magdalena. Las actividades turísticas que se realizan son: comidas en los restaurantes campestres, campamentos en el bosque o en la zona

²⁸ Lanner, Ronald M. *Made for each other: a symbiosis of birds and pines*. New York: Oxford University Press. 1996.



de cabañas de “El Potrero”; paseos o jugar en el río; en el primer dinamo se pueden realizar paseos a caballo, circuitos de motos, gotcha y retiros espirituales. También hay un sitio recreativo casi llegando al tercer dinamo llamado “Paidos”, es una zona con juegos y lugar para comer. Otras actividades que se pueden realizar en la zona es el turismo de escaladores en la pared de la Coconetla, visualización de fauna, principalmente aves; bicicleta de montaña, fotografía paisajística y caminatas.

Herencia cultural.- La comunidad Magdalena Atlitic ha tenido una estrecha relación con sus bosques desde hace más de 700 años, prueba de ello es la fuerte herencia cultural que han formado los ecosistemas de la CRM en la población. En términos religiosos, la zona es y ha sido importante desde la época prehispánica, prueba de ello es que se han encontrado vestigios arqueológicos en algunas porciones de la cuenca. Incluso en la actualidad, todavía se hacen ceremonias religiosas en las partes altas.

Actualmente es poco el arraigo a la tierra lo que trae como consecuencia que sean pocas las personas que trabajan el bosque y en su mayoría están encaminadas a cuestiones turísticas.

Servicios de soporte: Son aquellos que ayudan a mantener todos los demás servicios. Se trata de procesos controladores básicos que mantienen al ecosistema funcionando, como:

Ciclo de nutrientes.- una de las vías del ciclaje de la materia es a través de la caída de hojarasca y su descomposición. Este ciclo de nutrientes, algunos de los cuales pueden tener un componente atmosférico como el nitrógeno (N) y el carbono (C), o de la roca madre como el fósforo (P). N y P, son los elementos que mas frecuentemente limitan el crecimiento de plantas.²⁹ Datos preliminares de suelo en la CRM, indican que en promedio el bosque mixto y de *Quercus* tiene un pH de 4.5, 40% de materia orgánica (M.O.), 0.51% de N y 10.83% de C. El bosque de *Abies religiosa* presenta un pH promedio de 4.9, M.O. de 36.4% y un porcentaje de N y C de 0.90 y 18.13, respectivamente. Finalmente, el bosque de *Pinus hartwegii* tiene un pH de 5.2, 11.8% de M.O.; para los

²⁹ Begon, M. C.R. Townsend, J.L. Harper. 2006. Ecology: From individuals to ecosystems. Blackwell publishing p 658.



nutrientes es de 0.33 y 7.81 para N y C, respectivamente. Hay una acidificación hacia la parte baja de la cuenca, lo cual parece no repercutir en la actividad de la microbiota dado que la relación C/N es similar a la que se presenta en los bosques de *Abies religiosa* y de *Pinus hartwegii*, y la cual indica que la tasa de descomposición de la materia orgánica muerta es rápida en el suelo de los tres tipos de vegetación. Sin embargo, llama la atención que los valores altos de N y C se presenten en el piso altitudinal medio, es decir, en el bosque de *Abies religiosa*, lo cuál podría explicarse por la alta productividad del sistema y una descomposición un poco más lenta en comparación el bosque mixto y de *Quercus* (ver formación de suelos). Es importante recalcar que a pesar de la influencia antrópica en la comunidad de bosque mixto y de *Quercus*, éste todavía no muestra efectos adversos en su funcionalidad a nivel del ciclo de nutrientes.

Formación de suelos.- El flujo de energía se incorpora en el sistema en lo que se conoce como Productividad Primaria Neta (PPN), es decir la incorporación de biomasa por unidad de tiempo y área. La mayoría de PPN también viene de la caída de hojarasca.^{30,31,32} La hojarasca consiste de la suma de los detritos vegetales aéreos e incluye material foliar, material reproductivo y ramas con menos de 2cm de diámetro.^{33,34} Para la CRM, se ha encontrado que hay 448.34 g cm⁻³ de hojarasca en el bosque mixto y de *Quercus*, 414.5 g cm⁻³ en el bosque de *Abies religiosa*, y 113.26 g cm⁻³ en la comunidad de *Pinus hartwegii*; ello demuestra un patrón claramente altitudinal, que seguramente se traducirá en mayores valores de

³⁰ MJ Swift, O. W. Heal y J. M. Anderson. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1979. 332 pp.

³¹ JD Aber, J. M. Melillo. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing. E. U. A. 1991

³² Lavelle, P., A. V. Spain. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 2001

³³ Wright, J. 'Plant species diversity and ecosystem functioning in tropical forests'. *Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests*. Oriens, G. H., Dirzo, R. y Cushman, J. H. (Eds.). Springer. Berlín, Alemania, 1996. pp.12-31.

³⁴ Del Valle-Arango, J. I. 'Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico sur colombiano'. *Interciencia* 28: 443-449. 2003



productividad hacia la parte baja de la cuenca³⁵. Cabe destacar que estos datos son consistentes con la misma tendencia que los valores de nutrientes detectados hasta el momento en el suelo. Experimentos de descomposición usando un mismo sustrato (*Hordeum* sp., que es la paja) en los tres tipos de vegetación (comunidades de bosque mixto y de *Quercus*, de *Abies religiosa* y de *Pinus hartwegii*), demuestran que existe un efecto microclimático en la descomposición por efecto de la temperatura del suelo. La tasa de descomposición de *Hordeum* sp. fue de 0.11 (± 0.008 g día⁻¹) para el bosque de Encino³⁶, 0.12 \pm 0.004 g día⁻¹ para el bosque de Oyamel³⁷, y 0.05 (\pm 0.04) g día⁻¹ para el bosque de Pino³⁸.

El servicio ecosistémico de formación de suelos, únicamente se da en las zonas boscosas, con cobertura vegetal, ya que en la zona urbana, donde ya está pavimentado es imposible que se genere el servicio.

³⁵ Delgadillo Durán en preparación

³⁶ Piña Reyes en preparación

³⁷ Hernández Rojas en preparación

³⁸ Unger Saldaña en preparación



Bibliografía

Aber, JD. Melillo, JM. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing. E. U. A. 1991

Ávila-Akerberg, V. González-Hidalgo, B. Nava-López, M. y Almeida-Leñero, L. *Refugio de fitodiversidad en la Ciudad de México, el caso de la cuenca del río Magdalena*. En Prensa.

Begon, M. C.R. Townsend, J.L. Harper. 2006. *Ecology: From individuals to ecosystems*. Blackwell publishing p 658.

Bojorge-García, M. *Ecología de comunidades algales en una localidad del río la Magdalena, D.F.* Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 2002.

Buchmann, S.L. & G.P. Nabhan. *The forgotten pollinators*; Island Press. 1996.
Cantoral, E. Carmona, J. Beltrán, Y. Bojorge, M. y Ramírez, R. *Algas del Río Magdalena, México*. En prensa

Castillo-Rodríguez, M.E. *Procesos exógenos en la Delegación La Magdalena Contreras Ciudad de México*, Tesis de licenciatura (Licenciatura en Geografía) UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, 2003.

Ceballos, G y Oliva, G *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 2005.

Del Valle-Arango, J. I. 'Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico sur colombiano'. *Interciencia* 28: 443-449. 2003

Gío-Argáez, R, Hernández Ruíz, I y Sáinz-Hernández, E *Ecología Urbana*. Volumen Especial de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, 1989. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Base de datos de los censos. Información Interna. 2000



Jujnovsky, J. *Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.

Lanner, Ronald M. *Made for each other: a symbiosis of birds and pines*. New York: Oxford University Press. 1996.

Lavelle, P. Spain, AV. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 2001.

Lugo-Hubp, JI. *Elementos de Geomorfología Aplicada. Métodos cartográficos*, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1991, p. 109.

Luna, I. Morrone, JJ. y Espinoza, D. (Eds.), *Biodiversidad de la faja volcánica transmexicana*, UNAM, México, 2007, p. 514.

Millennium Ecosystem Assessment (M.A). *Ecosystems and human well-being*, Chap 2: 'Ecosystem and their services'. Millennium Ecosystem Assessment, 2003.

Monges, Y. (en proceso). *Calidad del agua como elemento integrador para la rehabilitación del río Magdalena, D.F.* Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. UNAM. México.

Mooser, F. Montiel, A. y Zuñiga, A. *Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla. Estratigrafía, Tectónica Regional y Aspectos Geotérmicos (1937-1996)*, Comisión Federal de Electricidad, México, 1996, p. 27.

Mooser, F. Historia tectónica de la cuenca de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, No. 15, 1963, pp. 239-245.

Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons, New York, 547 pp. 1974.

Nava, M. *Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.



Swift, MJ. Heal, OW. y Anderson, JM. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1979. 332 pp.

Uribe-Peña, Z, Ramírez-Bautista, A y Casas-Andreu, G *Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México*. Cuadernos del Instituto de Biología No. 32. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, 1999.

Villarruel-Ordaz, J. Cifuentes, J. *Macromicetos de la cuenca del río Magdalena y zonas adyacentes, delegación la Magdalena Contreras, México*, D. F. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología. En prensa

Wright, J. 'Plant species diversity and ecosystem functioning in tropical forests'. *Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests*. Orians, G. H., Dirzo, R. y Cushman, J. H. (Eds.). Springer. Berlín, Alemania, 1996. pp.12-31.

-
- ⁱ E. Cantoral, J. Carmona, Y. Beltrán, M. Bojorge y R. Ramírez. Algas del Río Magdalena, México. En prensa
- ⁱⁱ J. Villarruel-Ordaz, J. Cifuentes. "Macromicetos de la cuenca del río Magdalena y zonas adyacentes, delegación la Magdalena Contreras, México, D.F.". *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*. En prensa
- ⁱⁱⁱ V. Ávila-Akerberg, B. González-Hidalgo, M. Nava-López, y L. Almeida-Leñero. "Refugio de fitodiversidad en la Ciudad de México, el caso de la cuenca del Río Magdalena". En Prensa.
- ^{iv} Uribe-Peña, Z, Ramírez-Bautista, A y Casas-Andreu, G *Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México*. Cuadernos del Instituto de Biología No. 32. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, 1999.
- ^v Ceballos, G y Oliva, G *Los Mamíferos Silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 2005.
- ^{vi} Gío-Argáez, R, Hernández Ruíz, I y Sáinz-Hernández, E *Ecología Urbana*. Volumen Especial de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, 1989.