



Gaceta Ecológica
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
gaceta@ine.gob.mx
ISSN (Versión impresa): 1405-2849
MÉXICO

2007

Lucía Almeida Leñero / Mariana Nava / Alya Ramos / María de Jesús Ordoñez /
Julieta Jujnovsky
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, DISTRITO
FEDERAL, MÉXICO

Gaceta Ecológica, julio-diciembre, número especial 84-85
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Distrito Federal, México
pp. 53-64

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>



Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México

LUCÍA ALMEIDA-LEÑERO,¹ MARIANA NAVA,¹ ALYA RAMOS,¹
MÓNICA ESPINOSA,¹ MARÍA DE JESÚS ORDOÑEZ¹ Y JULIETA JUJNOVSKY^{1*}

¹ Laboratorio de Ecosistemas de Montaña. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

* Correo-e: julieta.jujnovsky@gmail.com

Resumen. La cuenca del río Magdalena provee 20 millones de m³ de agua, sus bosques almacenan un promedio de 50 toneladas de carbono por hectárea y sus pobladores han estado ligados al bosque desde la época prehispánica. Se plantean propuestas de manejo para cada zona específica considerando los actores sociales involucrados.

Abstract. *Magdalena river watershed delivers 20 millions of cubic meters per year, the carbon storage is about 50 ton/ha and its cultural inheritance comes from pre-hispanic period. It is necessary to generate management proposals for specific zones considering all the social actors involved.*



INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha presentado una acelerada transformación de los ecosistemas, como resultado principalmente de las actividades humanas y las formas de apropiación humana con la naturaleza (Hoffmann 1996: 29; SER 2004: 15). Fenómenos como la deforestación, el cambio climático, la

desertificación y el crecimiento desordenado de la población han puesto en riesgo a las comunidades biológicas (Rozzi *et al.* 2001) y a los servicios que los ecosistemas proporcionan. Cuanto mayor sea la presión ejercida sobre estos, menor será su capacidad para sustentar a las generaciones futuras (Millennium

Ecosystem Assesment 2005: 36). Por ello, es importante concebir a los ecosistemas como indispensables para el bienestar de los seres humanos. El Millennium Ecosystem Assessment (MA), define los beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas como “servicios ecosistémicos” es decir, las condiciones y procesos en donde los ecosistemas y las especies que habitan en ellos satisfacen las necesidades de la gente. Se clasifican según la forma en cómo son provistos y en cómo se relacionan con el ser humano en provisión, regulación, culturales y de soporte (Millennium Ecosystem Assesment 2003: 49).

Los cambios en los ecosistemas frecuentemente son causados por múltiples impulsores que trabajan en diferentes escalas de tiempo y espacio. El MA define a un impulsor de cambio como cualquier factor o inductor, ya sea natural o antropogénico, que causa cambios directos o indirectos a los ecosistemas. Un impulsor directo influye inequívocamente en los procesos de un ecosistema, como por ejemplo, el cambio climático, el uso de fertilizantes, cambios en la cobertura vegetal, especies invasoras y enfermedades. Por otro lado, los impulsores indirectos operan más difusamente mediante la activación de uno o más impulsores directos, como por ejemplo, los factores demográficos, económicos, sociopolíticos, científicos, tecnológicos, culturales y religiosos (MA 2005: 76).

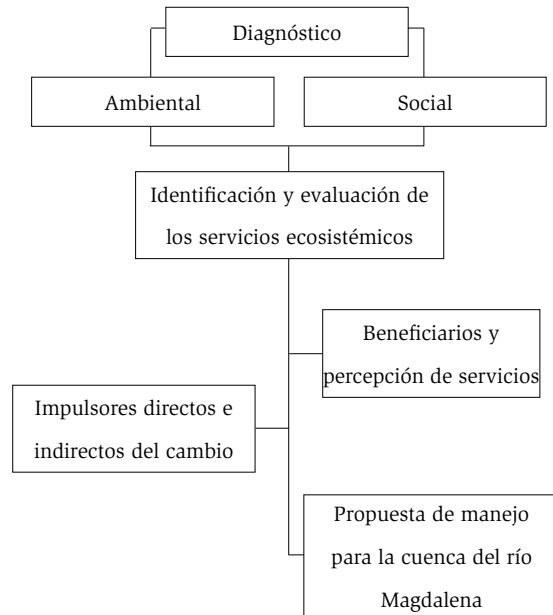
En este contexto, y dado que las zonas forestales que circundan la cuenca del Valle de México han sido sometidas a fuertes presiones derivadas de la actividad humana (Hernández y Bauer 1989: 79), se desarrolla el presente trabajo en la cuenca del río Magdalena, D.F., México. Esta zona abarca 4% del suelo de conservación del Distrito Federal y a pesar de su importancia ecológica, económica y social, presenta problemas referentes a su manejo y estatus legal que han ocasionado el crecimiento acelerado de la mancha urbana con una disminución y deterioro en su cobertura vegetal. Por lo anterior, este artículo plantea una metodología integral que vincule la temática ambien-

tal y social en la cuenca del río Magdalena, D. F., con el fin de comprender las relaciones entre los procesos ecosistémicos y su impacto en las condiciones de vida de los pobladores a través de la identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos.

MÉTODO

La propuesta metodológica para estudiar los servicios ecosistémicos en la CRM parte de una caracterización de la zona y un diagnóstico socioambiental, el cual sirvió de base para la identificación de los servicios ecosistémicos, los actores sociales involucrados y los conductores de cambio directos e indirectos que afectan a estos ecosistemas, con la finalidad de poder dar propuestas de manejo encaminadas hacia el bienestar humano (figura 1).

FIGURA 1. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL ESTUDIO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



La metodología utilizada para esta primera aproximación hacia el estudio de los servicios ecosistémicos en la CRM consta de cinco fases:

1. Diagnóstico socioambiental. Integración y posterior análisis de información física, biológica y social de la zona de estudio.
2. Identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos que proporciona la cuenca del río Magdalena. A partir de la información del diagnóstico socioambiental y con base en el marco conceptual sobre bosques templados (MA 2003), se identificaron los servicios ecosistémicos para la CRM. Hasta el momento se han analizado con mayor detalle los servicios de provisión de agua dulce, regulación de la purificación del aire a partir del almacén de carbono y la herencia cultural.
La *provisión de agua* se estimó a partir del método de Thornthwaite, mediante balances hídricos para cada tipo de bosque: *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y mixto. Se utilizaron datos de aproximadamente 20 años de tres estaciones meteorológicas representativas de cada comunidad vegetal. Con los datos de los balances hídricos se hizo una estimación de cuánta agua está escurriendo a nivel de toda la cuenca y por cada tipo bosque. El escurrimiento que se obtuvo del balance hídrico se correlacionó con la extensión de la comunidad vegetal correspondiente, obteniendo así el escurrimiento total anual para cada zona. El *almacén de carbono* se calculó por asociación vegetal (Nava 2003: 66), con la finalidad de dar propuesta puntuales para la comunidad de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, a través de parámetros estructurales de altura, diámetro normalizado y área basal. Para el bosque mixto y de *Quercus* aún no se han realizado cálculos sobre almacén de carbono.
La *herencia cultural* se evaluó a través del análisis de literatura del área y entrevistas con habitantes de la zona, con la finalidad de obtener una cronología histórica.
3. Beneficiarios y percepción. Se realizaron entrevistas a pobladores y expertos en la zona para identificar quiénes son las personas que se benefician de manera directa o indirecta del uso de los servicios ecosistémicos provenientes de la CRM. La información obtenida se comparó con el diagnóstico. Cabe señalar que hasta el momento se presentan datos generales debido a que aún no se ha estudiado con detalle el consumo de los servicios.
4. Identificación de los impulsores de cambio directos e indirectos. Con base en la información socioambiental se describen los factores que más intervienen en la situación actual los bosques de la CRM.
5. Con base en los resultados obtenidos se proponen acciones específicas para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

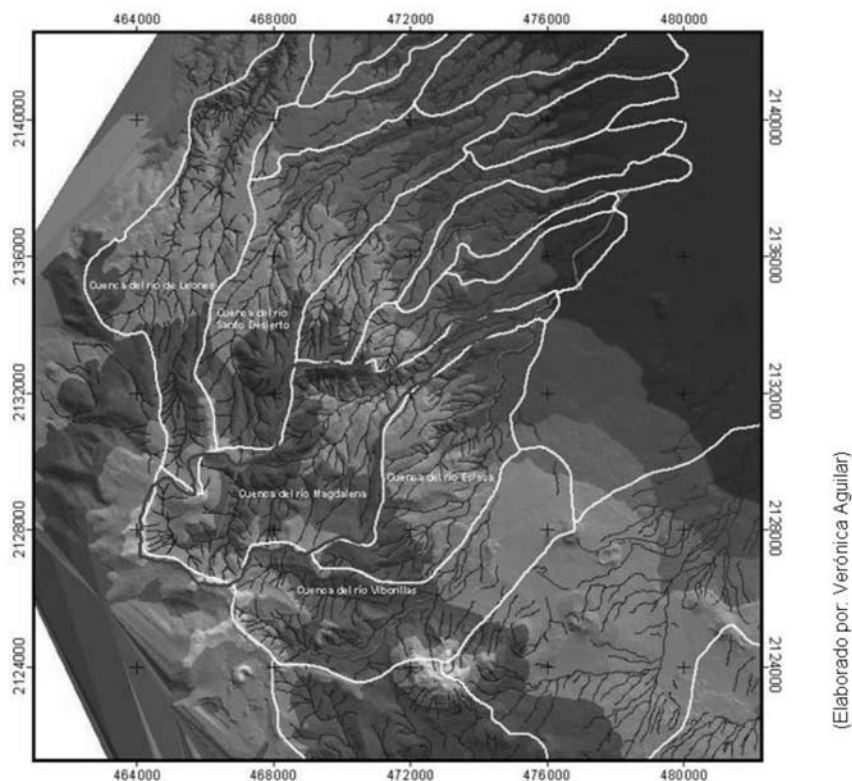
RESULTADOS

DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

La CRM se localiza en la Sierra de las Cruces, en el límite SW del D.F. dentro de la cuenca de México (19° 13' 53" y 19° 18' 12" N y 99° 14' 50" 99° 20' 30" W). Comprende las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa y abarca un total de ca. 3,000 ha (figura 2). Presenta un relieve montañoso que va de los 2,470 m snm en el NE a los 3,850 m snm al SW (Álvarez 2000: 127; Ontiveros 1980: 88). 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; estos se unen al río Magdalena en la parte baja y forman el río Churubusco.

El río Magdalena nace en las estribaciones de los cerros Palma, San Miguel, Cochinos, Coconetla entre los más importantes, a una elevación aproximada de 3,650 m snm; tiene un curso en dirección NE y un

FIGURA 2: LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.



cauce de una longitud aproximada de 21,600 m (Álvarez 2000: 127). Los suelos son de origen volcánico (Andosol húmico), muy permeables y susceptibles a erosionarse (Jujnovsky 2006: 62).

El gradiente altitudinal de la cuenca conlleva a la existencia de dos tipos de clima, en la parte urbana y hasta los 3,050 m snm se presenta el clima templado subhúmedo y en la parte más alta entre los 3,100 a los 3,800 m snm el clima semifrío (García 1988: 217). La precipitación en la cuenca es cercana a los 1,000 mm en la parte baja y hasta 1,500 mm en la zona más alta. La época de lluvias va de mayo a octubre y en estos meses la precipitación siempre es mayor a la evapotranspiración. El verano es fresco y largo y hay poca oscilación térmica. La temperatura media anual oscila entre 10 a 14 °C, siendo los meses más calientes abril, mayo y junio.

La vegetación del área de estudio corresponde con la Provincia Florística de las Serranías Meridionales

dentro de la Región Mesoamericana de Montaña, en donde se mezclan especies del norte (holárticos) y del sur (neotropicales). Se distinguen principalmente tres comunidades vegetales (Nava 2003: 66), la comunidad de *Pinus hartwegii*, que se distribuye en la parte más alta, la de *Abies religiosa* ubicada en la parte media, y la de bosque mixto localizada en la parte baja. Dentro de estas tres comunidades, se reconocen ocho asociaciones vegetales (cuadro 1)

Hasta el momento se ha registrado para el área una diversidad de plantas vasculares de 87 familias con 251 géneros y 487 especies, que representa 25% de la fitodiversidad de la cuenca del valle de México, o el equivalente al 2.2% del total de la flora del país (Ávila-Akerberg *et al.* en prensa: 22).

La historia de la CRM se remonta a los chichimecas nahuatlacas, los cuales hacían uso del bosque por medio de la caza y la recolección de productos forestales. Posteriormente, en el período correspondiente a los

CUADRO 1. COMUNIDADES Y ASOCIACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

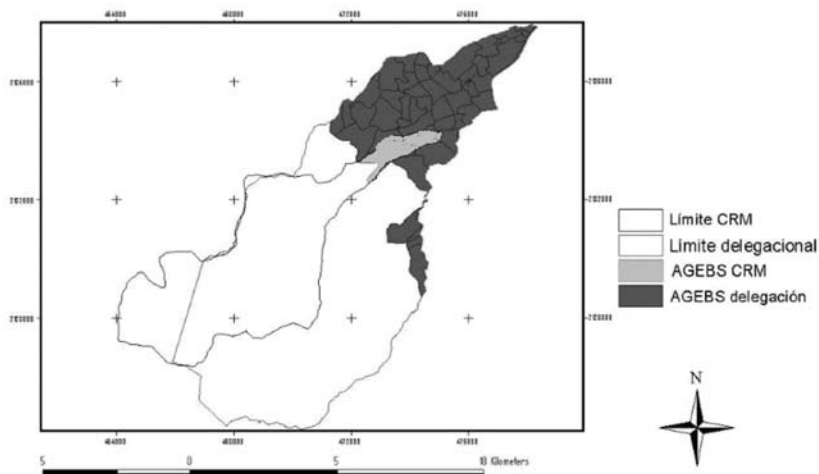
Comunidad vegetal	Asociación vegetal
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i> (3,420-3,800 msnm)	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> - <i>Pinus hartwegii</i> <i>Festuca tolucensis</i> - <i>Pinus hartwegii</i>
Bosque de <i>Abies religiosa</i> (2,750-3,500 msnm)	<i>Acaena elongata</i> - <i>Abies religiosa</i> <i>Roldada angulifolia</i> - <i>Abies religiosa</i> <i>Abies religiosa</i> - <i>Senecio cinerarioides</i>
Bosque mixto (2,620-3,370 msnm)	<i>Abies religiosa</i> - <i>Quercus laurina</i> <i>Quercus laurina</i> - <i>Quercus rugosa</i> <i>Pinus patula</i> - <i>Cupressus lusitanica</i>

mexicas se formaron cuatro poblados, uno de ellos, el pueblo Atlitic, que corresponde casi en su totalidad a la CRM, y que adoptó el nombre de Magdalena Atlitic debido a la patrona del templo, María Magdalena (Acosta 2001: 188; González 2005: 80).

En la actualidad la CRM forma parte de tres delegaciones políticas del Distrito Federal, sin embargo, la mayor extensión e influencia sociopolítica corresponde a la Magdalena Contreras. Esta delegación se caracteri-

za por el acelerado crecimiento de la población, el doble que el resto de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México principalmente en las décadas de 1970 y 1980. A partir de 1980 este proceso ha visto reducida su intensidad, sin embargo, se ha dado sobre áreas boscosas, con asentamientos irregulares, los cuales se encuentran en zonas de alto riesgo, en terrenos con pendientes pronunciadas, suelos carentes de estabilidad y laderas propensas a deslaves (Ávila-Akerberg 2004: 86).

FIGURA 3. ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA HUMANA DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F. A PARTIR DE LAS ÁREAS DE GEOESTADÍSTICA BÁSICA (AGEBS) DE LA DELEGACIÓN MAGDALENA CONTRERAS



La porción noreste (NE) en la parte baja de la cuenca, es el área de influencia humana directa y con mayor presión de uso (figura 3), con una población de 25,582 habitantes que corresponde al 11.5% de la delegación. Las diferencias que presenta esta zona con el resto de la delegación son: 1) mayor concentración de la población nacida en la entidad, 2) mayor densidad de la población y de vivienda que en el resto de la delegación, 3) menor ingreso mensual, 4) mayor cantidad de viviendas construidas con materiales ligeros y sin piso recubierto, 5) drenaje conectado a fosa séptica o barranca o sin drenaje y 6) menor cobertura de agua entubada. Estos parámetros indican que la porción de la delegación con mayor marginación es la más cercana a la CRM.

Los actores sociales que intervienen en la apropiación y uso de los servicios ecosistémicos y en la toma de decisiones dentro de la cuenca se clasifican en seis grupos (cuadro 2). De estos, solamente las autoridades y grupos agrarios inciden fuertemente en el proceso de toma de decisiones dentro de la cuenca, los restantes pueden ser clasificados como usuarios.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA

El diagnóstico ambiental y social permitió reconocer, hasta el momento, cuatro servicios ecosistémicos de provisión, nueve de regulación y cuatro culturales (cuadro 3).

CUADRO 2. ACTORES SOCIALES IDENTIFICADOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

Autoridades	Federales
	Comisión Nacional del Agua
	Distrito Federal
	Gobierno del Distrito Federal (GDF)
	Secretaría del Medio Ambiente (SMA)
	Comisión de Recursos Naturales (CORENA)
	Delegación Magdalena Contreras
Núcleos agrarios	Magdalena Atlitlic
	Activos
	Regulares (250)
	Votantes (800)
	Inactivos (1,000)
	San Nicolás Totolapan
	San Mateo Tlatenango
	Santa Rosa Xochiac
Comerciantes	Con aproximadamente 24 puestos dedicados a la venta de alimentos
Colonos	Habitantes con vivienda regular e irregular
Visitantes	Deportistas
	Paseantes
	Peregrinos
	Religiosos
Académicos	Grupos interdisciplinarios

CUADRO 3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE PROVEEN LOS BOSQUES DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

PROVISIÓN	REGULACIÓN	CULTURALES
Agua dulce	Control de erosión y mantenimiento de suelo	Belleza escénica
Madera	Almacenamiento de nutrientes	Ecoturismo
Alimento	Control de plagas y enfermedades	Educación
Productos no maderables	Control de sequías	
	Control de inundaciones y remoción en masa	Herencia cultural
	Regulación de los regímenes de lluvia y el efecto de albedo	
	Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos controlando la concentración de limo y nutrientes, la temperatura del agua y turbidez	
	Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono atmosférico	
	Calidad del agua	
	Regulación del agua superficial, subterránea, subsuperficial y basal	

Provisión de agua. La parte alta de la cuenca tiene un escurrimiento anual de 8,199,360 m³, la media 10,091,520 m³ y la baja 1,020,182 m³. Por lo tanto se puede hablar de que esta cuenca provee alrededor de 20 millones de m³ de agua al año; aproximadamente 50% del abastecimiento del agua superficial de la ciudad de México.

Almacén de carbono. El bosque de *Abies religiosa* (1,433 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 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.

La comunidad vegetal 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*, un contenido de carbono de 20.84 tC/ha (figura 4).

Herencia cultural. La zona es y ha sido importante en términos religiosos desde la época prehispánica; prueba de ello es que se han encontrado vestigios arqueológicos en algunas porciones de la cuenca. Después de la Conquista española, se le otorgan a la comunidad Magdalena Atlititl títulos de propiedad nombrándola dueña de los bosques de la CRM. Sin embargo, para los siglos siguientes se establecen las grandes haciendas y comienza la opresión a los indios, y no es sino hasta 1975 cuando se les restituyen los bienes comunales. Actualmente es reducido 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 (figura 5).

FIGURA 4. ESTIMACIONES DE LA PROVISIÓN DE AGUA Y ALMACENES DE CARBONO POR COMUNIDAD VEGETAL EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F.

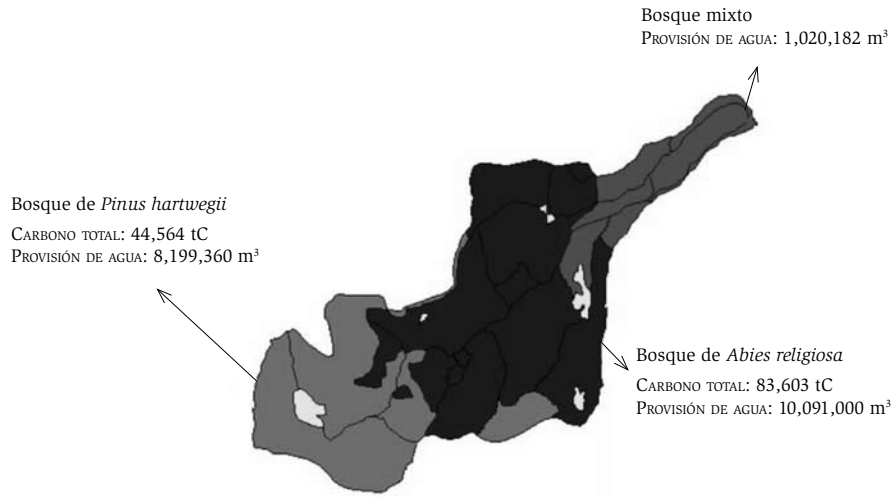
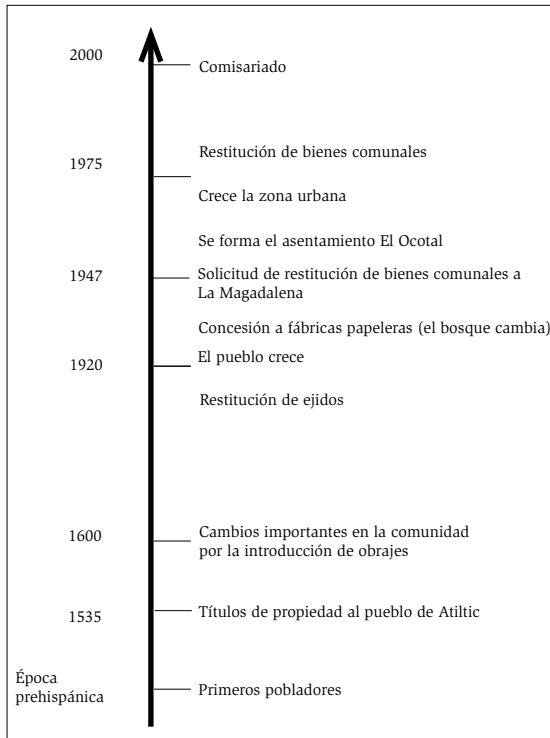


FIGURA 5. HERENCIA CULTURAL DE LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA, D.F., DESDE LA ÉPOCA PREHISPÁNICA HASTA EL SIGLO XX



PERCEPCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y BENEFICIARIOS

Los beneficiarios de la provisión de agua de la CRM son los comerciantes con puestos de comida que la utilizan directamente para los servicios de vivienda, estanques de engorda de trucha y para actividades propias del negocio como sanitarios, lavar trastes y cocinar (actualmente existen aproximadamente 24 establecimientos dentro de la zona). Por otro lado, los habitantes de San Bernabé y San Jerónimo Lídice reciben aproximadamente 180,000 litros de agua filtrada por la planta potabilizadora. Esta planta utiliza la tercera parte del cauce y deja que el resto del agua se contamine y desperdicie hasta llegar a la presa Anzaldo.

El servicio ecosistémico de purificación de aire a través del almacenamiento de carbono se consume tanto fuera como dentro de la cuenca. Aunque difícilmente se pueden estimar las proporciones de su consumo y las zonas en las que se está regulando, se podría inferir que son los habitantes del sur del D.F., los directamente beneficiados.

Por la importancia cultural del área y la gran afluencia de visitantes, los principales beneficiarios del servicio ecosistémico de herencia cultural son los comuneros, ya que ellos tienen una historia de más de 500 años ligada al bosque y al río. Por otro lado, también se ven beneficiados los visitantes de la CRM que practican actividades deportivas y recreativas.

IMPULSORES DEL CAMBIO

Los impulsores del cambio directo más importantes identificados para la zona son:

Crecimiento de la mancha urbana. A partir de la década de 1970 se dio un crecimiento exponencial de la población en la delegación Magdalena Contreras, diez veces más que en el resto de la entidad, y las viviendas se asentaron principalmente en parcelas de cultivo colindantes a las zonas boscosas. Un ejemplo de esto es la formación del asentamiento Sayula-Ocotlal que fue regularizado en el 2006 con 12,000 habitantes.

Tala clandestina. Según los mismos comuneros, la tala clandestina se da principalmente hacia los límites comunales que coinciden en su mayoría con los de la cuenca. En los levantamientos realizados en el bosque de *Abies religiosa*, se han encontrado alrededor de 114 tocones y 100 individuos muertos en pie (Nava, 2006).

Turismo no controlado. No existen restricciones en cuanto al número de personas que ingresan desde la parte baja hasta la parte media de la cuenca, que es la zona más visitada. Así también, no hay suficiente vigilancia y control sobre las actividades que los visitantes realizan y las áreas a las que pueden ingresar.

Contaminación del río. En la parte alta de la cuenca el agua es de buena calidad. Sin embargo, cuando llega a la zona urbana, disminuye su calidad por un aumento en las comunidades bacterianas debido al aporte de desagües domésticos de la zona (Bojorge-García 2002: 62).

Prácticas agro-pastoriles. La agricultura se da en baja proporción y de forma artesanal, principalmente en la parte baja de la cuenca; la ganadería se desarrolla esencialmente en la zona media y alta de forma desordenada. Se calcula que pastorean aproximadamente 150 cabezas de ganado vacuno, propiedad de comunidades vecinas.

Incendios forestales. A pesar de que la zona no presenta un alto índice de incendios, se han registrado 157 incendios forestales en el periodo de 1995-2004, siendo el de 1998 el de mayor incidencia. La frecuencia se centró en los meses de enero a mayo, extendiéndose ocasionalmente hasta los primeros días de junio. Proporcionalmente la comunidad de *Quercus* es en donde ocurre el mayor número de incendios, probablemente porque es la más expuesta a la influencia humana (Flores, 2006).

Por su parte, los impulsores de cambio indirectos son:

Situación legal. La zona de estudio presenta una contradicción legal. Cuenta con un acuerdo de 1932 que corresponde con la declaratoria de Zona Protectora Forestal los Bosques de la Cañada de Contreras, en donde se establece una superficie de 3,100 ha. En 1947 mediante un decreto presidencial, declara Zona de Protección Forestal del río Magdalena a una faja de 12 kilómetros de longitud desde el nacimiento del río hasta aguas abajo en la parte urbana, cubriendo 500 metros a cada lado del cauce (1,200 ha). Finalmente, el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, publicado oficialmente en el año 2000, contradice el acuerdo y el decreto mencionados ya que establece como área natural protegida una superficie de 215 ha con categoría de Zona Protectora Forestal, la cual abarca desde el cuarto dinamo hasta el inicio de la mancha urbana. Además de los diferentes estatus, el área natural protegida del río Magdalena presenta un traslape importante con una presunta propiedad privada, el predio La Cañada de 111.8 ha. A raíz de

esta indefinición legal ha resultado muy confusa la administración y regulación de la zona.

Conflictos entre los propios miembros de la comunidad Magdalena Atlitic. Esta comunidad se caracteriza por la falta de organización y poca participación en las asambleas (de 1779 comuneros censados, asisten aproximadamente 300), desconfianza hacia sus propias autoridades y grupos con conflictos de intereses. Estas características dificultan la formación de acuerdos para el manejo del bosque.

Litigios con los pueblos vecinos. Existen dos litigios importantes en la cuenca: hacia el sur entre Magdalena Atlitic y San Nicolás Totolapan, y en la parte alta, lo que corresponde casi en su totalidad al bosque de *Pinus hartwegii*, entre Magdalena Atlitic y San Mateo Tlaltenango. Esto ha dificultado la restauración de zonas del bosque que se encuentran quemadas.

ELABORACIÓN DE PROPUESTAS DE MANEJO

La cuenca del río Magdalena se encuentra dentro de una de las ciudades más grandes del mundo, característica que la hace muy vulnerable pero que a su vez la convierte en una zona fundamental por los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y culturales que provee a los habitantes del Distrito Federal.

A partir de este primer análisis se concluye que la CRM provee agua a una porción considerable de la delegación Magdalena Contreras, sus bosques almacenan un promedio de 50 toneladas de carbono por hectárea y sus pobladores han estado ligados al bosque desde la época prehispánica. Estos resultados dan elementos para, junto con otros, proponer acciones a los tomadores de decisiones encaminadas al mantenimiento de los servicios de los ecosistemas. Estas deberían basarse en acciones particulares para cada porción de la cuenca (alta, media y baja), de acuerdo con particularidades topográficas, de suelo, vegetación y problemática de uso.

Se recomienda, para la parte alta de la cuenca, un programa de restauración ecológica que incluya la reforestación con *Pinus hartwegii*, así como tomar medidas para controlar el paso del ganado y cuidar la calidad del agua.

Para la parte media donde se encuentra el bosque de *Abies religiosa* se debe promover la regeneración natural, manteniendo en un 50% el sotobosque. En vista de que ésta es la comunidad que capta más agua y la de mayor peligro a deslaves, es necesario establecer acciones que permitan la retención del suelo considerando la topografía de la comunidad.

Para la zona baja de la cuenca, es fundamental restaurar la vegetación ribereña a lo largo del cauce del río Magdalena, con la finalidad de restablecer la calidad del agua, así como también recuperar elementos del bosque mesófilo de montaña. También es muy importante conservar los servicios culturales, ya que es la zona donde tanto visitantes como comuneros se ven beneficiados. Para ello es necesario elaborar una estrategia de educación ambiental dirigida principalmente a los comuneros de la Magdalena Atlitic, pero sin olvidar a todos los actores involucrados en la cuenca.

CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo de carácter exploratorio, mostró la riqueza de información que puede generarse al evaluar los procesos que ocurren a escala de cuenca, en términos de los servicios que sus ecosistemas proveen a usuarios y beneficiarios específicos.

La concepción de servicios ecosistémicos es un área de la ciencia de reciente formación, por lo que es necesario generar metodologías para reconocer, cuantificar y hasta jerarquizar (si es posible) los servicios que brindan cuencas completas, como la del río Magdalena. Para continuar con el estudio es fundamental conocer las relaciones entre servicios y los procesos ecosistémicos que los regulan, conocer

la percepción de los actores, modelar escenarios de pérdida de servicios y la población potencial afectada, aunado a un estudio de valoración económica. Solo así se podrán generar propuestas sólidas de manejo que conserven y restauren los ecosistemas sin olvidar que el objetivo principal debe ser el bienestar humano.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los revisores anónimos las sugerencias para mejorar el trabajo y a Verónica Aguilar por la elaboración de la cartografía. Este proyecto fue financiado por el Macroproyecto Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano, Universidad Nacional Autónoma de México SDEI-PTID-02.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S. 2001. Las tierras comunales de la Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 188 pp.
- Álvarez, K. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de Los dinamos, Área de Conservación Ecológica de la Delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. 127 pp.
- Ávila-Akerberg, V. 2004. Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena. Diagnóstico hacia la restauración ecológica. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Ávila-Akerberg, V., B. González-Hidalgo, M. Nava-López y L. Almeida-Leñero. En prensa. Refugio de fitodiversidad en la Ciudad de México, el caso de la cuenca del río Magdalena. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*.
- Bojorge-García, M. 2002. Ecología de comunidades algales en una localidad del río la Magdalena, D.F. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

- Flores, A. 2006. Frecuencia de incendios forestales, su relación con la precipitación y la riqueza de especies vegetales, en la cuenca del río Magdalena, D.F., México. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Cuarta edición. Editorial Larrios, México. 217 pp.
- González, A. 2005. *La Magdalena Atlitlic, Un pueblo de fe, arte y cultura*. Mayordomía Magdalena Atlitlic. Centro de estudios Antropológicos, Científicos, Artísticos, Tradicionales y Lingüísticos Ce-Acatl, A.C., México. 80 pp.
- Hernández, T. y L de Bauer. 1989. *La supervivencia vegetal ante la contaminación atmosférica*. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados, México. 79 pp.
- Hoffmann, R. 1996. Problemas y perspectivas de la valoración de recursos y procesos naturales: análisis de costo-beneficio en áreas rurales del "Tercer Mundo". *Economía Informa* 253:29-44.
- Jujnovsky-Orlandini, J. 2006. 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.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2003. Ecosystems and human well-being, Capítulo 2: Ecosystem and their services. Millennium Ecosystem Assessment.
- Millennium Ecosystem Assessment (M.A). 2005. *Ecosystems and human well-being*. Capítulo 3: Drivers of ecosystem change, summary chapter. Millennium Ecosystem Assessment, Island Press.
- Nava, M. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- . 2006. 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.
- Ontiveros A. 1980. Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena. Tesis

licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.

Rozzi, R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación? En: R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. *Fundamentos de Conservación Biológica*.

Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México. Pp. 45-58.

SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group). 2004 a. *Natural capital and Ecological Restoration*. An occasional paper of the SER. Science and Policy Working Group. 15 pp.



Fotos: <http://www.flickr.com>.