

Rafael Calderón-Contreras  
Coordinador

# Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia

## Casos de Estudio



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Cuajimalpa

gedisa  
editorial



# Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio

Rafael Calderón-Contreras  
Coordinador



Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio  
©Rafael Calderón-Contreras  
Coordinador.  
Diseño de cubierta; Luz María Zárate.  
Primera edición julio de 2017, Ciudad de México.  
© Universidad Autónoma Metropolitana  
Prolongación Canal de Miramontes 3855  
Ex Hacienda San Juan de Dios  
14387, Tlalpan  
Ciudad de México U  
Unidad Cuajimalpa  
Av. Vasco de Quiroga 4871  
Santa Fe  
05348, Cuajimalpa  
Ciudad de México  
Derechos reservados para todas las ediciones en castellano  
© Editorial Gedisa, S.A,  
Avda. Tibidabo 12, 3º  
08022, Barcelona  
España  
ISBN UAM 978-607-28-1092-1  
ISBN Gedisa 978-607-8231-18-8

La presente obra es resultado del apoyo económico recibido por la Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad del Conacyt (redsocioecos.org) y por parte de la Coordinación de la Investigación Científica (CTIG) y el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la Universidad Nacional Autónoma de México. El libro fue dictaminado positivamente por pares académicos mediante el sistema doble ciego, y evaluado y liberado para su publicación por el Comité Editorial del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y ratificado por el Consejo editorial para el uso del logo de la Unidad Cuajimalpa.

Queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio de impresión, en forma idéntica, extractada o modificada, en castellano o cualquier otro idioma.

*A Julieta*

*Shine on you crazy diamond*



# Índice

## **Prólogo**

Patricia Balvanera Levy.....8

## **Los sistemas socioecológicos y su resiliencia: una introducción**

Rafael Calderón-Contreras.....12

1. Socioecosistemas y resiliencia. fundamentos para un marco analítico.

Jacopo Baggio

Rafael Calderón-Contreras.....23

## **I. Efectos socioecológicos de problemas globales.....39**

2. La migración inducida por causas ambientales desde el enfoque de socioecosistemas: los casos de México y Brasil.

Bernardo Bolaños Guerra.....40

3. El plástico en los océanos desde la perspectiva de los sistemas socioecológicos: una aproximación teórica

Mónica Velázquez Téllez.....56

## **II. Aproximaciones metodológicas al estudio de los SSE.....68**

4. La relación hombre-medio en un sistema socioecológico del sur del Estado de México

Bonifacio Doroteo Pérez Alcántara; Ma. del Rosario Canales Vega; Rafael Calderón-Contreras.....69

5. Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica

Cristina Berenice Monsalvo Jiménez; Angel Rolando Endara Agramont; Eufemio Gabino Nava Bernal; Martha Mariela Zarco González; Francisco Javier García Monroy; Leticia Bermúdez Rodríguez; Sandra Sanjuanero

Poblano.....**87**

6. El monitoreo participativo herramienta para el estudio de los socioecosistemas, un ejemplo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México

Lucia Almeida Leñero; Giselle Arroyo-Crivelli; Karen Centeno-Barba; Verónica Aguilar-Zamora; Nancy Arizpe; Alya Ramos

.....**106**

**III. Conservación como base para la resiliencia en sistemas socioecológicos.....122**

7. Resiliencia de la reserva de la biosfera de la mariposa monarca (RBMM)

Gustavo Manuel Cruz Bello; José López García.....**123**

8. Una visión socioecosistémica de las reservas naturales: la reserva de la biosfera barranca de Metztitlán como caso de estudio.

Cecilia L. Jiménez Sierra; Daniel Torres-Orozco; José Carlos Martínez López; Alma Delia Toledo-Guzmán.....**138**

#### **IV. Resiliencia de recursos hídricos en SSE.....159**

9. Análisis socioecológico de la cuenca del río Magdalena,  
Ciudad de México  
Nancy Arizpe; Lucia Almeida-Leñero; Julieta Jujnovsky; Alya  
Ramos Ramos.....**160**

10. Resiliencia en el sistema socioecológico del Valle de Toluca  
ante problemas de estrés hídrico.  
Citlalli Aidee Becerril Tinoco .....**179**

#### **V. Resiliencia de SSE emblemáticos.....202**

11. Fuego e Inundaciones, Paisajes Culturales en las Llanuras  
Amazónicas  
Sazcha Marcelo Olivera Villarroel; María del Pilar Fuerte-  
Celis.....**203**

12. Caracterización socioecológica en un espacio de transición  
entre lo rural y lo urbano del Estado de Morelos.  
Laura Elisa Quiroz Rosas.....**223**

13. La implementación de parques eólicos en el istmo  
Oaxaqueño: el devenir de una problemática socioecológica  
Romana E. Zárate Santiago.....**244**

# 6. El monitoreo participativo herramienta para el estudio de los socioecosistemas, un ejemplo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México

***Lucia Almeida Leñero***

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*

*Departamento de Ecología y Recursos Naturales*

*Facultad de Ciencias, UNAM*

***Giselle Arroyo-Crivelli***

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*

*Departamento de Ecología y Recursos Naturales*

*Facultad de Ciencias, UNAM*

***Karen Centeno-Barba***



*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*  
*Departamento de Ecología y Recursos Naturales*  
*Facultad de Ciencias, UNAM*

***Verónica Aguilar-Zamora***

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*  
*Departamento de Ecología y Recursos Naturales*  
*Facultad de Ciencias, UNAM*

***Nancy Arizpe***

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*  
*Departamento de Ecología y Recursos Naturales*  
*Facultad de Ciencias, UNAM*

***Alya Ramos Ramos***

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*  
*Facultad de Ciencias*  
*Universidad Nacional Autónoma de México*

*Investigación realizada gracias al apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT, IT201415, Facultad de Ciencias, agradecemos también a los miembros de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, a la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C., al Comité de Cuenca del río Magdalena y al Grupo Patrulla del Bosque. Y a todos los que generosamente participaron en este proyecto.*

## *Introducción: Los socioecosistemas periurbanos y su importancia para las ciudades*

El crecimiento de las ciudades ocasiona graves daños a los sistemas socioecológicos (SSE) periurbanos como son: el cambio de uso de suelo, la contaminación del aire, agua y suelo, y la pérdida de la biodiversidad (Morello, *et al.*, 2003; Grimm *et al.*, 2008). Estos SSE deberían tender a la estabilidad y al autoabastecimiento, sin embargo, el deterioro y su dependencia externa tienen un fuerte impacto en el bienestar de sus habitantes, por lo que es necesario generar mecanismos que los amortigüen.

Los SSE periurbanos proveen una gran variedad de servicios ecosistémicos a los habitantes locales y a los de las Ciudades (Godefroid y Koedam, 2003; Wu, 2008). Este es el caso de la cuenca del río Magdalena, en la Ciudad de México, donde los procesos ambientales están interconectados con los sociales, económicos y culturales que en ella se desarrollan. Una de las relaciones más importantes entre la cuenca y la ciudad es que brinda servicios ecosistémicos a sus habitantes como: la calidad y cantidad de agua, la purificación del aire y la herencia cultural asociada tanto al bosque como al río. Sin embargo, el área presenta diversos procesos de deterioro, causados por actividades antropogénicas (Almeida *et al.*, 2007).

Para implementar un enfoque socio-ecosistémico integral en este tipo de áreas, es recomendable que los dueños de la tierra y los usuarios de los servicios ecosistémicos participen en la toma de decisiones sobre la conservación, el uso, el manejo y su control (Del río Pesado *et al.*, 2003). Los monitoreos participativos tienen un gran potencial para mejorar la toma de decisiones locales, con el doble propósito de aumentar las capacidades locales y mantener la integridad de los ecosistemas.

A continuación se describe el proceso de monitoreo participativo desde una perspectiva teórica-metodológica en la cuenca del río Magdalena en la Ciudad de México. Este monitoreo se desarrolla dentro de la investigación acción-participación, de acuerdo al marco de los principios de resiliencia: i) biodiversidad; ii) conectividad; y iii) retroalimentación (Biggs *et al.*, 2015).

## *El monitoreo participativo como herramientas para el análisis de los SSE*

En el monitoreo participativo, los actores locales obtienen información sistemática sobre sus recursos con el fin de analizar resultados, identificar cambios en el tiempo, reflexionar, retroalimentar el proceso y llevar a cabo acciones de gestión; integra el conocimiento local y científico e incentiva a las comunidades locales a que reflexionen acerca de sus recursos y medios de vida. Si se realiza adecuadamente puede aportar beneficios claros a la sociedad como crear

capital social, transferir conocimiento, mediante el trabajo con científicos, y empoderar, y fortalecer a las comunidades e instituciones locales. En este tipo de monitoreo lo principal es que los actores locales se apropien del proceso y, con base en los resultados, sea posible tomar decisiones fundamentadas que retroalimenten continuamente al SSE (Evans y Guariguata, 2008). El monitoreo debe incluir un proceso de evaluación, para identificar la evolución de los problemas, implementar medidas correctivas, revisar estrategias y diseñar indicadores idóneos para proyectos futuros (OESP, 1997).

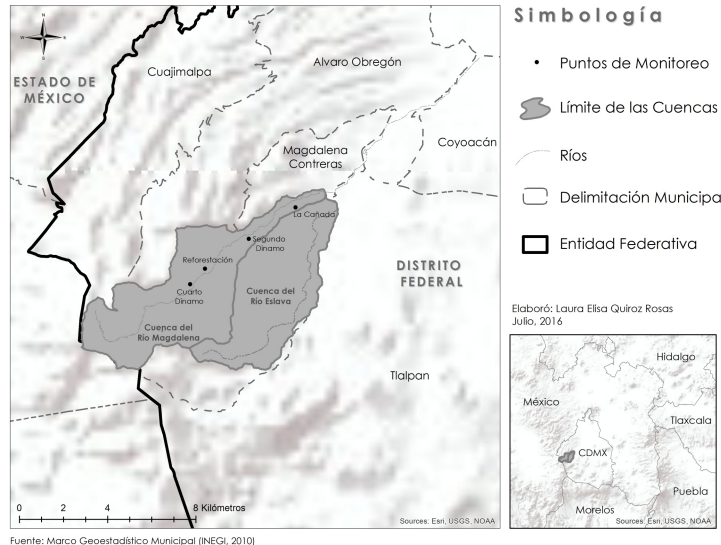
El Laboratorio de Ecosistemas de Montaña de la Facultad de Ciencias, UNAM (Laboratorio) impulsó un proceso de monitoreo participativo de la calidad ecológica del río y de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, junto con la comunidad agraria Magdalena Contreras Atlitic (la Comunidad), la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C. (los Comerciantes), La Patrulla del Bosque y los habitantes locales. La cuenca del río Magdalena, funciona como un SSE en el que el sistema natural provee de servicios ecosistémicos, como la cantidad y la calidad del agua, el control de inundaciones, la purificación del aire y la herencia cultural; a su vez, el sistema social modifica al sistema natural a través de las políticas públicas, prácticas culturales y las características económicas.

## *Método*

### **Zona de estudio**

La cuenca del río Magdalena se localiza, en la vertiente occidental de la Sierra de las Cruces, al SO de la Ciudad de México. Incluye parte de las delegaciones políticas de Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa. El área natural cubre una superficie de 2,993 ha. El río Magdalena, nace en las estribaciones del Cerro de la Palma en el paraje de Cieneguillas a los 3,640 m snm, en el bosque de ocote (*Pinus hartwegii*), se abastece de manantiales y escurrimientos superficiales; a lo largo de todo su cauce atraviesa por diversos tipos de bosques, presentando condiciones relevantes, tanto para los ecosistemas, como para la realización de actividades de recreación. En la parte urbana continúa hasta el río Churubusco como parte del drenaje (Mapa. 1).





Mapa 1. Localización de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Se muestran los puntos de monitoreo de la calidad ecológica del río y de la reforestación. Fuente: elaboración propia.

La CRM presenta bosques de coníferas (Rzedowski, 1978); en la parte alta se presentan bosques de ocote (*Pinus hartwegii*, entre los 3,200 a 3,850 msnm), en la media se distribuye el oyamel (*Abies religiosa*, entre los 2,800 a 3,600 m nm) y en la parte baja el bosque de encino y mixto (*Quercus spp.* y mixto, entre los 2,570 a los 2,800 msnm); (Nava, 2003; Ávila-Akerberg, 2004) (Figura 1).

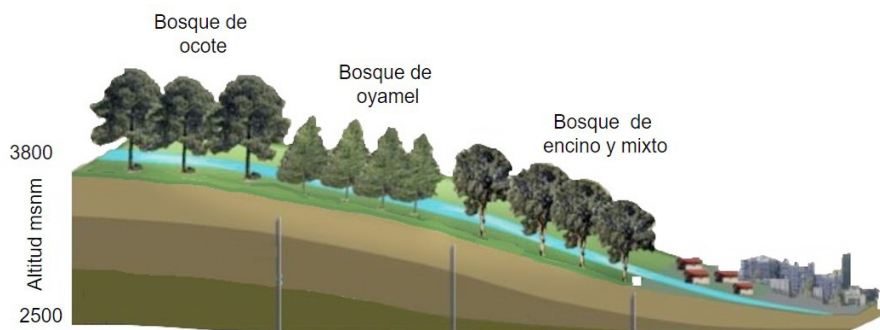


Figura 1. Perfil de vegetación de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Elaboración propia con base en Jujnovsky, *et al.*, 2012

## Trabajo de campo

El monitoreo participativo sobre la calidad ecológica del río, conocido como monitoreo de agua o río, se realiza en tres sitios del río Magdalena (4° dinamo, 2° dinamo y la Cañada), el

monitoreo de la reforestación se localiza cerca del tercer dinamo (ver Fig.1). Los sitios de monitoreo fueron seleccionados de manera conjunta con la Comunidad.

Para el caso de la calidad ecológica del río, mensualmente se registran datos fisicoquímicos del agua, se realizan análisis bacteriológicos, observaciones de macro-invertebrados y de la calidad ecológica de la zona de ribera. Por otra parte, se monitorea la reforestación de oyamel (*Abies religiosa*), conocido como monitoreo del árbol, en dos parcelas, cada una con 100 árboles, de los que se registra mensualmente su estado de salud (color y cantidad de follaje, color de tallo y presencia de plagas). Además, bimestralmente se toman datos de su crecimiento en diámetro y altura, y la sobrevivencia.

En ambos casos, al final de cada uno de los monitoreos se discuten los resultados entre los monitores y los académicos. Este ejercicio es fundamental para que los monitores opinen sobre las acciones que se llevan a cabo y tomen decisiones rápidas, lo que repercute en el manejo de sus recursos. De esta forma, el monitoreo se va adaptando conjuntamente al introducir cambios metodológicos y buscar la apropiación del proceso (Foto 1).



Foto 1. Monitoreos participativos la calidad ecológica del río Magdalena y de la reforestación, en la comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, de la Ciudad de México.

## *Diversidad de los elementos que componen al monitoreo del río y de la reforestación*

Los diferentes elementos que componen el monitoreo son: (1) el territorio de la Comunidad; (2) los tipos de bosque, el monitoreo del río se lleva a cabo en el bosque de oyamel y en el bosque de encino-pino. Mientras, que el monitoreo de la reforestación se realiza en el bosque de oyamel; y, (3) los diferentes actores sociales. Tabla 1

<b>ACTORES LOCALES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atliic (La Comunidad)	Tiene el 95% de la propiedad de la cuenca del río Magdalena
Comité de Cuenca del río Magdalena (Comité de cuenca)	Constituyen órganos auxiliares a los Consejos de Cuenca, los cuales son instancias de apoyo, concertación, consulta y asesoría entre la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y los diferentes usuarios del agua a nivel nacional
Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos (Los Comerciantes)	Realizan actividades relacionadas con las actividades de recreación local, principalmente con la elaboración de alimentos
Grupo Patrulla del Bosque	Realizan diferentes actividades de manejo y conservación del bosque. Está conformado por comuneros y habitantes de la Delegación Magdalena Contreras y se organizan a través de dos subgrupos: los que obtienen una retribución económica a través de un programa del gobierno de la Ciudad de México, que depende de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA), y a través de la Brigada contra incendios E-12 de la Delegación Magdalena Contreras
Habitantes locales	Viven en la zona de influencia de la cuenca del río Magdalena
<b>AUTORIDADES LOCALES</b>	
Delegación Magdalena Contreras	Realizan actividades relacionadas con el manejo del bosque
Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA)	Realizan actividades relacionadas con el manejo del bosque
<b>AUTORIDADES FEDERALES</b>	
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	Realizan actividades relacionadas con el manejo de bosque
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Como tal no tienen presencia en la cuenca, sólo se han integrado en actividades y momentos específicos del monitoreo
<b>GRUPOS ACADÉMICOS</b>	
Laboratorio de Ecosistemas de Montaña, Facultad de Ciencias, UNAM	Realizan investigaciones socio-ecológicas que incluyen el enfoque investigación-acción-participación, desde hace más de 10 años.
Otros grupos de investigación de la UNAM	Han trabajado en la zona realizando investigaciones en diferentes áreas, principalmente en temas biofísicos, algunos de ellos desde hace más de 10 años.

Tabla 1). Actores sociales vinculados con el monitoreo participativo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

La Comunidad, los Comerciantes y el Comité de cuenca han participado en la selección de los elementos a monitorear y la identificación espacial de los sitios. Estos actores, junto con habitantes locales, han participado en el monitoreo de la calidad ecológica del río desde la toma, el análisis y la interpretación de los datos y en traducir los resultados en acciones. En la toma, el análisis y la interpretación de los datos del monitoreo de la reforestación, participa principalmente el Grupo Patrulla del Bosque, mientras que la CONAFOR y la SEMARNAT han colaborado en algunas discusiones que se hacen al final de este monitoreo.

El Laboratorio ha participado en todo el proceso del monitoreo participativo y, junto con la Comunidad y los Comerciantes, apoya económicamente a los dos monitoreos. Finalmente, otros grupos académicos de la UNAM ayudaron en el diseño de las metodologías para ambos.

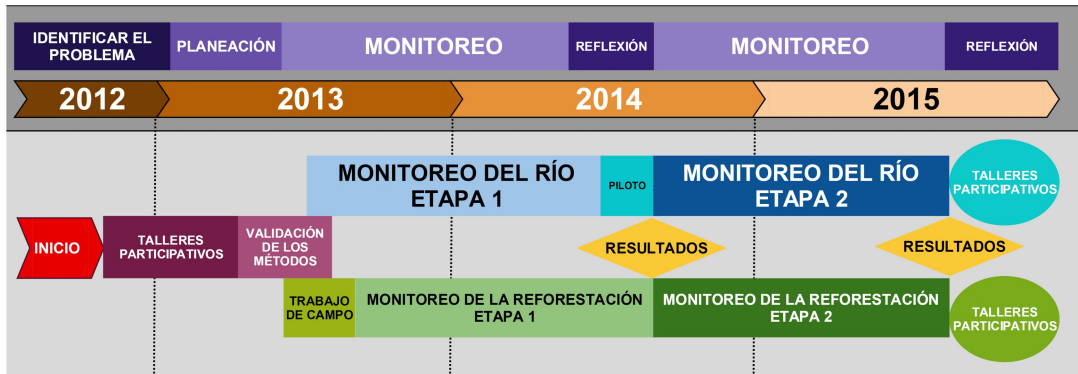
Cuando se duplican y diversifican funciones, se presenta la redundancia que abunda en los SSE, con el fin de poder reemplazar alguna función, ya que la presencia de diversas especies con nichos y funciones redundantes, contribuye a la resiliencia de los ecosistemas (Biggs *et al.*, 2015). Con respecto a la redundancia del SSE, se considera baja en aspectos académicos; otros grupos de investigación de la UNAM, realizan estudios en el bosque y en el río, sin embargo, el Laboratorio es quien ha llevado a cabo un proceso de monitoreo participativo con los actores locales, desde la definición conjunta de los elementos a monitorear, hasta traducir los resultados en acciones. En el caso de los actores locales del SSE, existe cierta redundancia entre el Grupo de la Patrulla del Bosque que recibe una retribución económica por parte de la DGCORENA y otra por parte de la brigada E-12 de la Delegación Magdalena Contreras, ya que al obtener el apoyo de diferentes instituciones, trabajan de manera independiente por lo que en caso de que alguno de los subgrupos faltara, se podría dar continuidad al monitoreo.

## *Conexiones que han permitido el desarrollo de los monitoreos en la*

### *CRM*

Para lograr que los monitoreos se realicen y tengan continuidad hasta el momento, ha sido fundamental que éstos se desarrollen en conjunto entre el Laboratorio y los actores locales. El proceso de monitoreo participativo se inició formalmente en 2012. Inicialmente, se realizó un diagnóstico socio-ambiental, y la determinación de qué elementos eran relevantes para monitorear los diferentes actores sociales identificados dentro del SSE; esto se hizo a través de talleres participativos (gráfica 1). A partir de éstos se concluyó que la prioridad para ellos era conocer el estado en el que se encuentran sus bosques y su río. Para canalizar este interés y cumplir con los objetivos académicos, el Laboratorio diseñó metodologías para monitorear de manera conjunta, sencilla y eficaz la calidad ecológica del río y el éxito de la reforestación del oyamel (*Abies religiosa*), con la finalidad de que la comunidad y otros actores relevantes participen durante todo el proceso.





Gráfica 1. Línea de tiempo del proceso de monitoreo participativo, en el territorio de “La Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic”, Delegación Magdalena Contreras, Ciudad de México.

Las conexiones que existen entre los diversos elementos del SSE se observan en la figura 4, en la que se simboliza cómo interactúan los diferentes actores de la cuenca. En el esquema (A) aparecen las conexiones sencillas entre actores locales sin intervenir el Laboratorio teniendo como grupo que aglutina a la Comunidad. Esta red se hace más compleja a partir de la integración del Laboratorio al SSE (B), cumpliéndose uno de los principales propósitos del monitoreo participativo que es vincular a actores de sectores diversos y, así, intercambiar información y conocimientos, aumentando, de esa manera, la resiliencia del SSE, por tener una mayor conectividad.

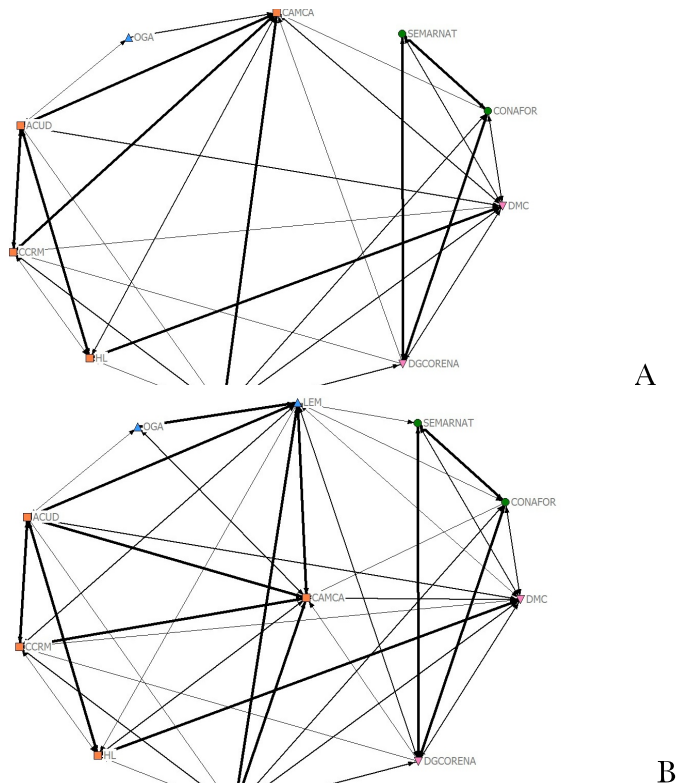


Figura 4. Red de conexiones entre los principales actores identificados dentro del Cuenca del río Magdalena, CDMX. En la imagen (A) se observan las conexiones entre actores sin el LEM. En la B, aparecen las conexiones incluyendo el LEM. El grosor de la flecha indica la intensidad de la relación y si es direccional o bidireccional. Abreviaturas: Actores locales: CAMCA, Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, CCRM: Comité de Cuenca del río Magdalena, ACUD: Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, GPB: Grupo Patrulla del Bosque, BIE-12: Brigada contra Incendios E-12. Autoridades locales: DMC: Delegación Magdalena Contreras, DGCORENA: Dirección eneral de la Comisión de Recursos Naturales. Autoridades federales: SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

La conectividad de los factores ecológicos dentro de la cuenca, se observa directamente entre la relación directa del bosque y el río, que es una de las conexiones que en general están muy reconocidas por todo tipo de actores. En el caso de las relaciones entre la cantidad y calidad del agua con las actividades de recreación, ésta es muy directa, ya que el tener agua contaminada y un bosque en mal estado, provoca que las personas que visitan el área no regresen. En el caso de la conectividad institucional, ésta debe estar vinculada integralmente con el SSE.

## *Retroalimentación de los monitoreos*

El proceso de monitoreo se ha caracterizado por tener una retroalimentación constante entre el Laboratorio y los diferentes actores sociales que participan en el monitoreo, principalmente con la Comunidad, el Comité de cuenca, los Comerciantes y la Patrulla del Bosque, ya que de ellos depende el funcionamiento futuro del monitoreo. Por ejemplo, en un principio, cuando se diseñaron las metodologías para la toma de datos, se hizo una retroalimentación con los grupos de investigación de la UNAM que tienen como líneas de investigación al río y a la vegetación y con esto se seleccionaron las técnicas de monitoreo; posteriormente se discutieron con la Comunidad para identificar la pertinencia del monitoreo, las limitaciones en el corto, mediano y largo plazo y para definir qué actores sociales deberían de participar en las siguientes etapas del monitoreo.

Por otro lado, la retroalimentación al momento de interpretar los datos con los monitores locales ha permitido sacar conclusiones de cuáles son las causas que modifican al SEE. Se tienen identificadas algunas actividades que tienen una retroalimentación negativa hacia el SSE, por ejemplo, el pastoreo que disminuye la tasa de supervivencia de los árboles y que además está relacionado con la presencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal en el río (*Escherichia coli*). La aparición de estas bacterias también se ve relacionada con las actividades de santería y la presencia de los asentamientos en zonas cercanas a la ribera, que en algunos casos descargan directamente las aguas grises y los residuos sólidos al río. Además, las actividades recreativas tradicionales también contribuyen a la contaminación del río, en donde los comerciantes tienen parte de la responsabilidad. Es aquí donde la toma de datos y el proceso de reflexión y retroalimentación, que forman parte del monitoreo participativo, ha incidido en la toma de decisiones locales; los Comerciantes han hecho un esfuerzo por conseguir financiamiento y vincularse con dependencias gubernamentales para la implementación de ecotecnias y así evitar la descarga directa de sus desechos al río. Este mismo grupo, junto con el Comité de cuenca, han buscado vincularse con dependencias de los tres órdenes de gobierno para regular la descarga de residuos sólidos en aguas grises, asociados a los asentamientos regulares e irregulares. Además, estos dos actores han relacionado algunas de sus actividades de limpieza con la divulgación de las actividades del monitoreo que se llevan a cabo (Fig. 5).

En el caso de la reforestación, la identificación del hongo (*Pucciniastrum spp.*) en la superficie de las hojas de los árboles de oyamel, permitió la colaboración entre el grupo de monitoreo, CONAFOR y SEMARNAT, en donde se buscaron soluciones al problema, además de que se contribuyó a la retroalimentación al SSE, ya que la SEMARNAT no tenía registrada su presencia en la zona.

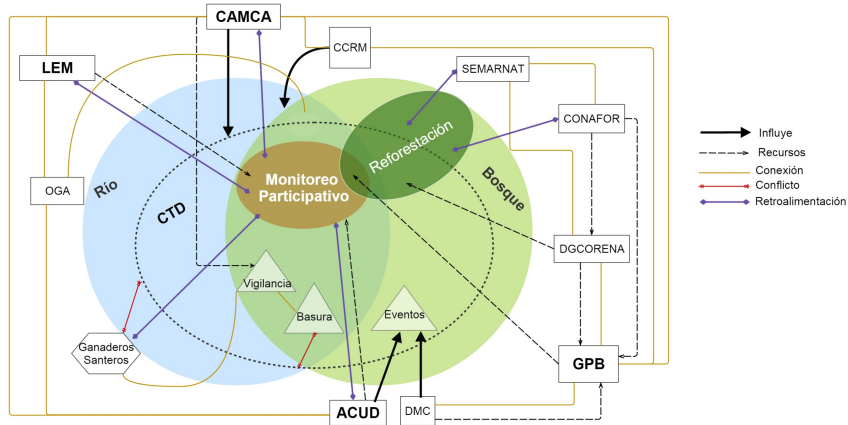


Figura 5. Modelo de actores, conexiones y retroalimentación del SSE bajo estudio. Abreviaturas: Actores locales: CAMCA, Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, CCRM: Comité de Cuenca del río Magdalena, ACUD: Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, GPB: Grupo Patrulla del Bosque, BIE-12: Brigada contra Incendios E-12. Autoridades locales: DMC: Delegación Magdalena Contreras, DGCORENA: Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales. Autoridades federales: SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

Por otro lado, la retroalimentación ha permitido la elaboración de los manuales de campo, en el caso del monitoreo de la calidad ecológica del río, se han entregado los manuales desde que se inició el monitoreo y se han producido nuevas versiones con base en la retroalimentación de los monitores. En el caso de la reforestación, el Laboratorio elaboró y entregó un manual con base en la experiencia de estos años y fue retroalimentado por los monitores (Fig. 6).



Figura 6. Portadas de los manuales de campo que funcionan como guías para de los monitoreos participativos.

## *Discusión y conclusiones*

De acuerdo al análisis de tres principios del marco de la resiliencia, se encontró que, referente al mantenimiento de diversidad y redundancia, en nuestro sistema de monitoreo participativo los componentes están definidos tanto por el sistema natural (agua y bosque) como por el sistema socio-institucional (actores locales, académicos, instituciones gubernamentales locales y federales). Sin embargo, se observa que en cuanto a la redundancia hay poca seguridad en el monitoreo participativo ya que los actores locales tienen una dependencia en las relaciones con los principales actores que impulsan dicha actividad.

En cuanto al principio de conectividad se observa que existen conexiones estables entre los sistemas monitoreados y los actores que participan en los monitoreos, aunque es una actividad que tiene pocos años de ser ejecutada, por lo cual es importante fortalecer dicha conectividad para consolidar el monitoreo participativo.

El principio tres, que se refiere al manejo de variables lentas y retroalimentación, se ejemplifica con la contaminación del agua que depende de muchos factores antrópicos los cuales ya han sido identificados; sin embargo, en muchos casos las restricciones político-institucionales no han sido tan eficaces, sin embargo, el monitoreo participativo podría permitir que los actores locales busquen soluciones rápidas para mejorar la calidad ecológica del río.

El marco de análisis de los tres principios para el monitoreo participativo es limitado hasta el momento; en un futuro, será necesario considerar y analizar los otros principios no analizados en este artículo, que hacen referencia a un trabajo más intenso del monitoreo como es la participación, adaptación y contribución a los sistemas de gobernanza. Sin embargo, se considera que es un buen ejercicio haber definido los tres principios en el monitoreo participativo, ya que nos ha permitido integrar los sistemas sociales y ecológicos, así como identificar los tres principios desarrollados en este artículo: i) diversidad; ii) funcionalidad-conectividad; y, iii) retroalimentación.

A manera de conclusión, a partir de los monitoreos participativos se logró:

- \* Obtener información acerca de la calidad ecológica del río y el seguimiento del éxito de la reforestación.
- \* Conocer cómo interactúan los principales actores locales del SSE.
- \* La agenda futura debe:
- \* Lograr que el análisis de los datos sea más accesible a todos los participantes.
- \* Mejorar la organización para fortalecer las capacidades locales, ya que este proceso es reconocido como uno de los instrumentos más eficaces para crear capital social.
- \* Generar una estrategia de difusión sobre el monitoreo, ya que no todos los miembros de la comunidad ni los visitantes están conscientes de la

investigación que se realiza en la zona y, por lo tanto, no se han incorporado mayor número de miembros a los grupos de monitoreo.

## *Referencias*

Almeida-Leñero, L. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta ecológica de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT*, núm. 84-85.

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. p. 112.

Biggs R. (2015). Strategies for managing complex social-ecological systems in the face of uncertainty: examples from South Africa and beyond. *Ecology and Society*, 20(1), 52. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07380-200152>

Del río Pesado, G. (2003). Participación y organización comunitaria, un requisito indispensable en la conservación de los recursos naturales. El caso de los ecosistemas templados de montaña. En: INE-SEMARNAT. (Ed.) *Conservación de los ecosistemas templados de montaña en México*. pp. 259-280.

Evans, K., y Guariguata, M.R. (2008). Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico. Una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. CIFOR. Bogor, Indonesia.

Godefroid, S. and Koedam, N. (2003). Identifying Indicator Plant Species of Habitat Quality and Invisibility as a Guide for Peri-Urban Forest Management. *Biodiversity and Conservation*, 12, pp. 1699-1713,.

Grimm, U. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 52(10), pp. 883-890.

Jujnovsky, J. (2012). Assessment of water supply as an ecosystem service in a rural-urban watershed in southwest Mexico City. *Environmental Management*, 49, pp. 690-702. DOI 10.1007/s00267-011-9804-3. ISSN: 0364-152X (Print) 1432-1009 (Online)

Morello, J., Matteucci, S.D. y Rodríguez, A. (2003). Sustainable Development and Urban Growth in the Argentine Pampas Region. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 590, pp. 116-130.

Nava, M.Z. (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.

OESP. (1997). Monitoreo y evaluación orientados a la obtención de resultados. Manual para los administradores de programas. OESP Handbook Series, Nueva York.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México.

Wu, J. (2008). Toward a Landscape Ecology of Cities: Beyond Buildings, Trees, and Urban Forests. En Carreiro, *et al.*, (eds.), *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: International Perspectives*, Heidelberg, Springer. pp. 10-28.

# 9. Análisis socioecológico de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México

*Nancy Arizpe*

*Lucia Almeida-Leñero*

*Julieta Jujnovsky*

*Alya Ramos Ramos*

*Laboratorio de Ecosistemas de Montaña*

*Facultad de Ciencias*

*Universidad Nacional Autónoma de México*



*Investigación realizada gracias al apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT, IT201415, Facultad de Ciencias, agradecemos también a los miembros de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, a la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C. Y a todos los que generosamente participaron en este proyecto.*

## *Introducción*

El aumento de la población de las ciudades es una de las causas principales del crecimiento abrupto de las zonas peri-urbanas. En el caso de la Ciudad de México (CDMX) esta expansión ha dado lugar a la aparición de nuevos sistemas para la extracción y suministro de servicios ecosistémicos (SE), con impactos significativos ambientales negativos y significativos que conllevan al agotamiento de los recursos naturales e implicaciones en la gestión local.

Las áreas peri-urbanas se consideran Sistemas Socioecológicos (SSE), abiertos y dinámicos que consumen, transforman y liberan materiales, y energía; sus procesos de desarrollo y adaptación están determinados principalmente por las acciones humanas y por las interacciones con otros ecosistemas; estos sistemas deben ser analizados y gestionados como cualquier otro tipo de ecosistema, se sustentan en la explotación de los servicios que otros ecosistemas les brindan (agua, alimentos, energía) (EEA, 2010).

Las proyecciones para los próximos años muestran que el aumento de las áreas peri-urbanas será mayor que el de las zonas urbanas o rurales, tanto en superficie, como en población. Además, se está produciendo un incremento en el consumo per cápita de la tierra y un complejo fenómeno de peri-urbanización relativamente reciente, que incluye amenazas y oportunidades de carácter económico, social y ambiental. Este crecimiento está induciendo a rápidas transformaciones socio-ambientales en las cuencas peri-urbanas a nivel local, regional y nacional, así como la expansión en las zonas de mayor riesgo y ecológicamente sensibles, a menudo habitadas por grupos sociales vulnerables (Ávila, 2009).

Este capítulo se enmarca en la Cuenca del río Magdalena (CRM), ubicada en la zona peri-urbana del suroeste de la Ciudad de México, dentro del Suelo de Conservación de la Ciudad de México (SC-CDMX). Enfrenta una presión antrópica intensa, siendo amenazada por la creciente tendencia de cambio de uso de suelo, la falta de integración social, la fragmentación del paisaje, la contaminación de agua y la pérdida tanto de hábitat como de la biodiversidad, entre otros.

El presente trabajo se sustenta en el marco teórico metodológico de los SSE, específicamente en el de resiliencia, definida como la capacidad para absorber o resistir perturbaciones y otros factores de estrés, de tal forma que el sistema permanece dentro del mismo régimen, manteniendo esencialmente su estructura y funciones (Holling, 1973; Gunderson y Holling, 2002; Walker *et al.*, 2004).

Para generar la capacidad de recuperación y el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas en los SSE, en los últimos años se han definido teóricamente siete principios: Estos principios son: 1) mantener la diversidad; 2) conectividad; 3) retroalimentación; 4) fomentar el pensamiento de sistemas adaptativos complejos; 5) fomentar el aprendizaje; 6) ampliar la participación; 7) promover los sistemas de gobierno policéntricos (Biggs *et al.*, 2015).

En este capítulo se consideraron tres corpus metodológicos: diversidad, conectividad y retroalimentación. Los resultados incluyen la aplicación de estos principios en la CRM, con una

discusión sobre las ventajas y desventajas de este marco teórico-metodológico aplicado en cuencas peri-urbanas.

## *Método*

### ***zona de estudio***

Componentes metodológicos

El artículo considera tres corpus metodológicos con un enfoque interdisciplinario e integrado: i) estudios socio-ecológicos periurbanos de la CRM; ii) aplicación del modelo de los SE considerando los tres principios de la resiliencia (Biggs *et al.*, 2015); iii) integración de la información en la zona de estudio. En la figura 1 podemos observar el desglose de los tres componentes principales del análisis de la resiliencia en la CRM.

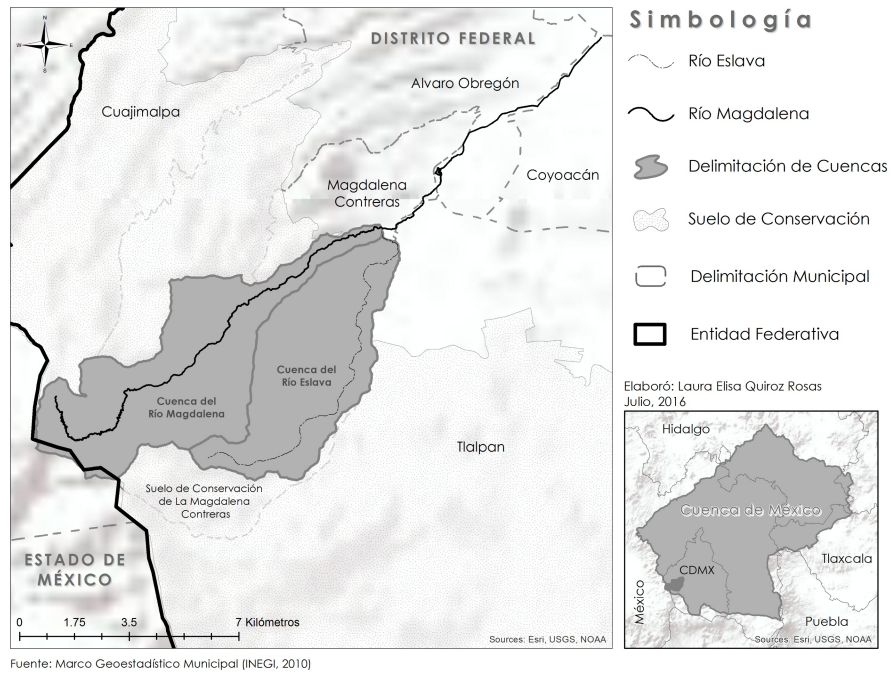


Figura 1. Diagrama metodológico para el análisis de la resiliencia en la Cuenca del río Magdalena, CDMX.

Para realizar este análisis, se llevaran a cabo las actividades siguientes:

Desarrollo teórico. Se revisó la literatura y trabajos de investigación previos para dar lugar a: (i) la identificación de los principales SE y de los actores sociales del SSE, involucrados en el proceso peri-urbano; (ii) identificación de los nodos y conexiones de los SSE; (iii) identificación de variables positivas y negativas en la retroalimentación; y, (iv) integración de información dentro del área de estudio. El Sistema Socioecológico de la CRM

La CRM se localiza en la Sierra de las Cruces, en el límite SO de la cuenca de México (figura 2), comprende las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, abarcando un total de casi 3,000 ha. Presenta un relieve montañoso que va de los 2,470 m snm en el NE, a los 3,850 m snm al SW, (PMRRM, 2008). Colinda al SE con la cuenca del río Eslava, al NO con las cabeceras de las cuencas de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel; éstos se unen al río Magdalena en la parte baja y forman el río Churubusco.



Mapa 1. Mapa de la Cuenca del río Magdalena, Ciudad de México

Los eventos históricos más importantes de la CRM, se resumen en la figura 3 (Ramos, *et al.*, en prensa).



Segunda Mitad s. XX.- actual. Los habitantes locales se emplean en actividades del sector terciario, tanto de la zona como del resto de la ciudad. Las actividades productivas se centran en las recreativas y de turismo de naturaleza, mientras que la actividad agrícola es prácticamente sólo para autoconsumo. Asociadas a éstas se realizan otras como el cultivo de trucha, la recolecta de leña y hongos.

Resolución Presidencial de Conformación de Bienes Comunales a la comunidad Magdalena Atlitic (1975), se reconocen los derechos dados a Atlitic durante la Colonia sobre su territorio y sus recursos.

Asentamientos en las zonas agrícolas y venta de tierras.

Cierre de las fábricas de la región. Avance de la urbanización.

Cambio en el aprovechamiento del agua del río Magdalena, de actividades industriales y agrícolas a abastecimiento para uso doméstico. Construcción de una planta potabilizadora en el río Magdalena.

México posrevolucionario Veda a la tala en el Distrito Federal (1941), de manera paralela se creó la Unidad la Industrial de Explotación Forestal para la Fábrica de Papel Loreto y Peña Pobre (concesión de 1947 a 1981), y se declaró como Zona de Protección Forestal del Río Magdalena

Se catalogó el área como un ANP con la categoría de Zona Protectora Forestal (ZPF) Cañada de Contreras.

Uso del río para actividades agrícolas: las forestales fueron restringidas. Creación de la cooperativa forestal de La Magdalena, la cual enfrentó diversos problemas pero logró controlar el comercio forestal y establecer sus propios sistemas de vigilancia. Diversos grupos sociales presionaron para que las cooperativas desaparecieran.

Época independiente La zona se vuelve un importante centro de recreo para la ciudad. Las actividades forestales eran sólo una actividad secundaria.

Se entubaron algunos brazos del río para generar mayor energía (1897). A partir de entonces se construyeron diversas plantas eléctricas (dinamos; actualmente se le conoce con este nombre a la zona) para las fábricas de la región.

Llegada del ferrocarril a la zona (1867).

Se impulsó la industria textil para finales del s. XIX se convirtió en el centro manufacturero más importante de la Ciudad de México. Provocó cambios en las formas de producción y en la dinámica poblacional. Gran parte de la población local se empleó en éstas y se dio un proceso de inmigración (aumento y diversificación de la población).

Aumento en la explotación de los bosques debido a una mayor demanda de madera y carbón para uso doméstico de la ciudad.

Colonia Autoridades coloniales otorgaron códigos y títulos primordiales a las comunidades. Se dieron modificaciones en el modo de producción, se desarrollaron haciendas.

Época prehispánica  
(1303)

Formación de cuatro pueblos: Atlitic, Aculco, Ocoatepec y Totolapan  
(Recolectores cazadores)

Figura 3. Eventos históricos de la CRM. Basado en Ramos *et al* (*en prensa*)

La mayor extensión e influencia sociopolítica corresponde a la Delegación Magdalena Contreras, que se ha caracterizado por su acelerado crecimiento poblacional, que fue el doble que en el resto de la Zona Metropolitana de la CDMX, principalmente en las décadas de los años 70 y los 80. A partir de esa fecha el crecimiento ha sido más lento, no obstante, en los últimos años el aumento de asentamientos irregulares se ha dado sobre zonas boscosas y de alto riesgo como asentamientos irregulares, los cuales se encuentran en zonas de alto riesgo, en terrenos con pendientes pronunciadas, suelos carentes de estabilidad y laderas propensas a deslizamientos (Fernández-Eguiarte *et al.*, 2002; Ávila-Akerberg, 2004). El área urbana que se encuentra en la parte baja de la cuenca, conocida como zona de influencia, tiene una mayor concentración de la población nacida en la entidad así como mayor densidad de vivienda, que en el resto de la delegación, menor ingreso mensual, mayor cantidad de viviendas construidas con materiales ligeros y sin piso recubierto, drenaje conectado a fosa séptica o barranca o sin drenaje y menor cobertura de agua entubada. De tal forma que es la porción de la delegación que presentan menor ingreso, característica que debe ser tomada en cuenta en la toma de decisiones (Ramos, 2008).

La CRM fue declarada como área protegida en 1932 con la categoría de Zona Protectora Forestal (ZPF) Cañada de Contreras, con una extensión de 3,100 ha. Su objetivo general era la conservación (DOF, 1932). A partir de la publicación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, se estipuló que las Zonas Protectoras Forestales deberían ser absorbidas por la categoría de “Áreas de Protección de Recursos Naturales”, siempre y cuando se hiciera el estudio técnico el cual no se ha realizado. Hasta este momento, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, no la reconoce como un Área Natural Protegida, a pesar de ser una zona que aún presenta características socio-ambientales importantes; asimismo, tampoco es reconocida por las instituciones locales (Galván, 2014). En los últimos años la UNAM ha impulsado la declaratoria como ANP de la CRM. La CRM cuenta con las características necesarias para considerarse como ANP, ya sea a nivel federal, con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales, o local como una Reserva Ecológica Comunitaria, siendo la última, la opción más viable (Galván, 2004).

A pesar de este esfuerzo, no se ha gestionado la incorporación de la zona como un ANP ni a nivel federal ni local, lo que puede deberse a diversos factores. Por un lado, el proceso que llevó a cabo la UNAM concluyó muy cercano a la fecha de finalización de la gestión del delegado, lo que provocó que no se le diera continuidad al proyecto, sumado a que, como tal, la Delegación no tiene facultades para decretar una ANP. Por otro lado y, a pesar de que se realizaron diversas presentaciones y talleres participativos a lo largo del proceso, algunos comuneros de la Magdalena Contreras Atlitica no estaban de acuerdo en su implementación porque desconfiaban del proceso y/o por temor a perder sus tierras (a pesar de que las categorías propuestas contemplaban a los poseedores de la tierra). Debido a esto las autoridades comunales decidieron no llevar el tema a la asamblea en ese momento, sino hasta que fueran aclaradas las inquietudes. Aunado a esto la comunidad estaba enfrentando conflictos internos independientes a la declaratoria como ANP, por lo que, a pesar de que las autoridades comunales en turno y otros grupos de la comunidad estaban interesados en obtener la declaratoria, el tema quedó rezagado.

Es importante señalar que hacer un análisis más detallado de estas causas, permitiría que la planeación e implementación de las políticas públicas sea más asertiva.

## *Resultados*

### Análisis de la diversidad de los SE en la CRM

En esta sección se identifican los actores principales y los SE de la CRM, de acuerdo al marco de referencia de Biggs *et al.*, (2015) el cual plantea que la diversidad incluye tanto especies, actores, sistemas de conocimiento e instituciones, entre otros.

Actualmente, los actores sociales presentes en la CRM son: 1) núcleos agrarios; 2) personas dedicadas a las actividades relacionadas con la recreación; 3) visitantes; 4) habitantes colindantes a la zona (vecinos); 5) los grupos académicos que realizan investigaciones y que pueden llegar a tener influencia sobre la toma de decisiones; y, 6) las autoridades gubernamentales, federales, estatales y locales (Ramos *et al.*, en prensa).

La comunidad Magdalena Contreras Atlitic está conformada por 1,779 comuneros, quienes poseen 2,393 ha (casi el 77% de la superficie de la CRM, por lo que únicamente se describe esta comunidad). La Resolución Presidencial de Confirmación de Bienes Comunales, se dio en 1975, sin embargo, los criterios utilizados del censo comunal fueron poco claros, lo que provocó la exclusión de gente nativa, descontento entre los pobladores y la inclusión de gente externa en la zona. Probablemente debido a esto y a la heterogeneidad de opiniones sobre el qué hacer con sus recursos, el manejo de las tierras comunales y la toma de decisiones han sido sumamente complejos (Ramos *et al.*, en prensa).

Las personas que trabajan en actividades recreativas relacionadas con la recreación se dedican principalmente a la venta de alimentos, pueden o no ser comuneros de la Magdalena Contreras Atlitic, tienen un representante y están organizados en una asociación de comerciantes. También existen grupos que ofertan servicios de turismo de naturaleza y/o de educación ambiental, conformados tanto por comuneros como por hijos de comuneros. Los visitantes son el grupo que actualmente hace mayor uso de la zona, para actividades deportivas, recreativas o espirituales, ya sea que vayan de paso (en la peregrinación a Chalma) o propiamente dentro de la CRM. Los vecinos pueden o no ser comuneros que habitan en las zonas cercanas al bosque, algunos de éstos tienen interés por la zona y, en ciertos momentos, se han organizado con un objetivo en común relacionado con la CRM (Ramos, *et al.*, en prensa).

Los grupos académicos han variado en el tiempo, principalmente tienen presencia la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma Metropolitana. Sin embargo, también han realizado estudios otras universidades, como la Universidad Autónoma de Chapingo (Ramos, *et al.*, en prensa).

En lo que respecta a las autoridades gubernamentales, se tiene identificado que en los últimos años han intervenido, a nivel federal, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Comisión

Conexión/Nodo	Biofísico	Socio-cultural	Económico	Político institucional
<b>Nodo A</b>	Agua dulce, madera, alimento, productos no maderables	Núcleos agrarios vecinos, académicos	Comerciantes Visitantes	Autoridades, Núcleos agrarios
<b>Conexión A-B, A-C, A-D</b>	Energía, material genético	Memoria histórica, información, ideas,	Finanzas, economía local	Normas, reglas,
<b>Nodo B</b>	Control de plagas, enfermedades, deslaves, regulación de la erosión, calidad de aire, agua, polinización, dispersión de semillas, control de poblaciones	Académicos, vecinos	Economía local	Núcleos agrarios, autoridades locales y federales
<b>Conexión B-C, B-D, B-A</b>	Productores autótrofos, heterótrofos, especies	Conocimiento tradicional, información	Valoración monetaria y no monetaria	Legislación de regulación ambiental, normas
<b>Nodo C</b>	Ciclaje de nutrientes, formación de suelos, mantenimiento de la diversidad	Académicos, núcleos agrarios	Instituciones gubernamentales, núcleos agrarios	Núcleos agrarios, autoridades locales y federales
<b>Conexión C-D, C-A, C-B</b>	Energía, especies, elementos biofísicos		Valoración no monetaria y monetaria	Legislación ambiental
<b>Nodo D</b>	La CRM	Belleza escénica Recreación y ecoturismo Herencia cultural	Economía local y regional	Comuneros, Autoridades locales
<b>Conexión D-A, D-B, D-C</b>	Energía, material genético	Conocimiento local	Valoración no monetaria y monetaria	Reglas locales (núcleos agrarios), legislación ambiental

Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); a nivel de la CDMX, la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC) y la Dirección de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA); y a nivel local, la delegación Magdalena Contreras, que promueve diferentes programas dentro de la CRM en donde participan distintos actores sociales (Ramos, *et al.*, en prensa).

Es importante destacar que los actores interactúan con los SE identificados en la CRM. En la figura 2, se representan los SE reconocidos tanto en la zona forestal como en el río. Los servicios de regulación identificados en el sistema forestal son: I) agua dulce para el consumo humano.



También se presenta la provisión de alimentos como la trucha (González-Martínez, 2008; Jujnovsky, *et al.*, 2010); II) Provisión de recursos de la zona forestal, madera, combustible, productos no maderables y medicinales. Los recursos genéticos tanto en la zona forestal como en el río, son servicios de suma importancia.

Los servicios de regulación identificados son, en el sistema forestal: el control de plagas y enfermedades por especies de aves u hongos; control de deslaves e inundaciones, principalmente por el mantenimiento de la cobertura forestal; regulación de la erosión y mantenimiento de la calidad del aire a través del almacén de carbono; polinización, dispersión de semilla y control de poblaciones. En cuanto al recurso agua se tiene la calidad del agua. En los servicios culturales se encuentran: la apreciación de la belleza escénica, recreación, ecoturismo, y herencia cultural. Los servicios de soporte son: el ciclaje de nutrientes, formación de suelos y mantenimiento de la biodiversidad (Jujnovsky, *et al.*, en prensa).

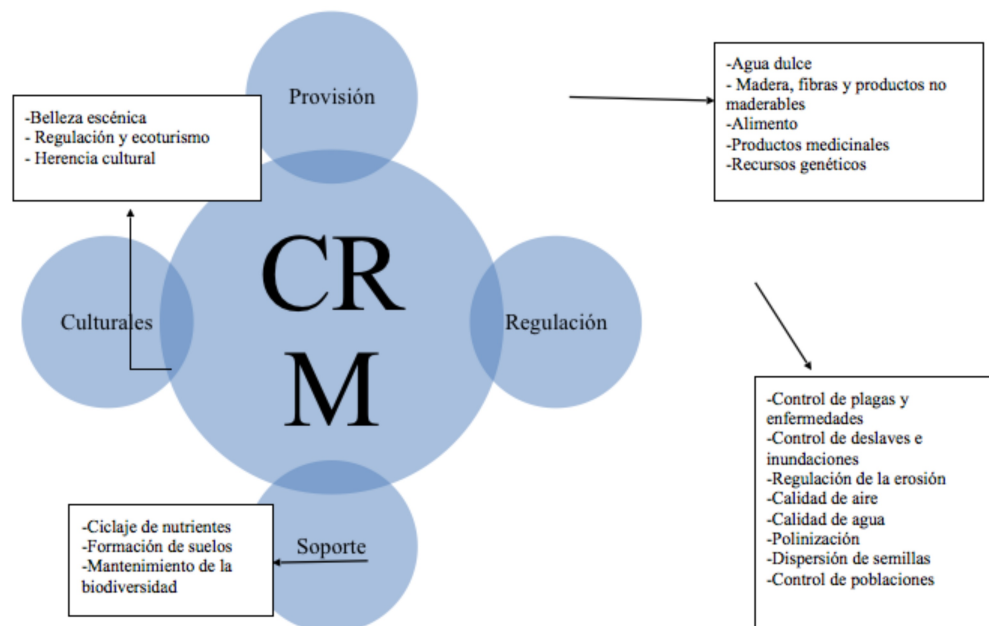


Figura 4. Servicios ecosistémicos de la CRM. Basado en Jujnovsky *et al.*, (en prensa)

Los proyectos actuales de conservación, restauración y aprovechamiento sostenible, plantean en su estrategia la participación de los actores políticos, económicos y sociales en la planeación, desarrollo y evaluación de las acciones a realizar (Del río Pesado, *et al.*, 2003; Castillo, *et al.*, 2005). Para mejorar los esfuerzos de conservación de estos sistemas es necesario el conocimiento científico; sin embargo, la integración de las ciencias sociales y ambientales para lograr un enfoque multidisciplinario, es compleja. Los estudios realizados desde la perspectiva de los SE pueden ser un marco de referencia común al permitir visualizar de forma integral los beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas y las consecuencias que su manejo puede tener en la sociedad (Almeida-Leñero, *et al.*, 2007). Existe una serie de factores que afectan la dinámica ecológica y las cuencas peri-urbanas, como por ejemplo, prácticas inapropiadas que ocasionen la disminución de la recarga de agua a los acuíferos, un aumento de la carga sedimentaria de los

ríos, un incremento en la contaminación de los cuerpos de agua y prácticas de reforestación inadecuadas.

De acuerdo al principio de diversidad en los SSE (Biggs *et al.*, 2015), si hablamos de variabilidad, encontramos enmarcadas dos dimensiones principales: una biofísica y otra socio-cultural, representadas en los diferentes SSE. Dentro de las dimensiones político-institucional y económica, podemos observar que hay pocos estudios de esta índole, pese a que, son varios los actores involucrados dentro de estas esferas.

En el sistema social, han existido una gran diversidad de actores, no obstante, en la actualidad se encuentran diferencias entre las posiciones de gestión de la CRM, es decir que existe una gran diversidad de posiciones en las esferas político-institucional y económica. Las implicaciones de estas posiciones pueden ser positivas o negativas para el SSE y actualmente existen posturas encontradas sobre cómo manejar el bosque, generando problemas en su gestión.

Históricamente los distintos componentes del SSE y su interacción han permitido la conservación del área natural hasta la fecha. La memoria histórica y diversidad de conocimiento por parte de los actores sociales, los ha empoderado en el uso y manejo de la CRM. Actualmente la presión demográfica, económica y posturas encontradas de los actores locales, han hecho que el balance entre estos componentes se encuentre en riesgo. El mantenimiento de la diversidad y redundancia tanto de los SE, como de los actores implicados en la conservación de la CRM, se vuelven cruciales para incrementar la resiliencia del SSE. Mediante, la conjunción de los actores como comuneros, vecinos y académicos, a través de la implementación de programas internos y externos, es posible frenar la urbanización en la región. Por otro lado, para el caso de los SE encontramos que el mantenimiento del bosque y del río son fundamentales para mantener la calidad del aire y del agua dulce, SE vitales para la ciudad.

La diversidad de los componentes del SSE de la CRM se puede ver reflejada en:

- I) Los componentes clave del SSE son los SE de regulación, soporte, provisión y culturales, tanto en el manejo del agua como del bosque. Existe una relación entre la cobertura forestal, la calidad del agua y su temporalidad, lo que implica una mayor resiliencia de la CRM.
- II) El monitoreo participativo tanto del río como del bosque. Además, existen otros programas ambientales impulsados desde instituciones gubernamentales como CONAFOR y DGCORENA.
- III) Los diferentes programas académicos o gubernamentales que permiten el mantenimiento de la biodiversidad del SSE. No obstante se ha observado que no se tiene suficiente control e investigación integral para la CRM.
- IV) Los sistemas de gobernanza de los SSE, su diversidad y redundancia, que han surgido como respuesta a una necesidad del cuidado del bosque. Involucran a los comuneros a través de actores locales como son los vigilantes o programas de trabajo comunitario; a los actores

académicos, como el laboratorio de Ecosistemas de Montaña de la Facultad de Ciencias de la UNAM, que ha generado un enlace entre los actores comunales, autoridades locales o de la ciudad y del ámbito académico.

## *Análisis de la conectividad entre los sistemas sociales, biofísicos, económicos y político-instituciones*

La conectividad se refiere a la estructura y fortaleza con la cual los recursos, especies o actores sociales interactúan, se dispersan o migran entre los dominios sociales y ecológicos. Está determinada por la cantidad de asociaciones entre elementos y procesos, así como la fuerza de unión entre ellos. Entre mayor conectividad exista. La CRM está compuesta de una conectividad entre el sistema forestal y acuático lo que genera un mayor número de nodos y conexiones. En este estudio la conectividad se da entre la información sobre los SE y los actores. Si pensamos en la conectividad como una red, podemos distinguir las conexiones y los nodos. Las primeras determinan la estructura de los SE y pueden tener una dirección o dos direcciones, asimismo, éstos pueden tener mayor o menor intensidad. Por otro lado, los nodos pueden tener uno o varias conexiones. Los nodos y conexiones de acuerdo a las esferas de la sostenibilidad, los SE y actores de la CRM, se identifican en la tabla 1. A través del análisis integral es posible entender la conectividad que tienen y el estado en que se encuentran los SE de la CRM, atendiendo principalmente el manejo forestal e hídrico. La cantidad de asociaciones entre elementos y procesos y fuerza de unión entre ellos.

En nuestro sistema de la CRM se han reportado SE que tienen una mayor percepción social, como es la provisión de agua, tanto en cantidad como en calidad, la cual es muy importante para comuneros y comerciantes, y los servicios culturales que también son muy apreciados por los visitantes de la zona (Facultad de Ciencias, 2008).

Dentro de la conectividad también hay que hacer referencia a los componentes estructurales dentro del CRM: productores o autótrofos (algas, vegetación); heterótrofos (aves, mamíferos, reptiles, hongos, mariposas, micorrizas); los humanos (caracterización de la población, tipos de asentamientos y usos del suelo y su extensión en la cuenca). En cuanto a su función encontramos que son relevantes: la red trófica y el ciclaje de la materia, el flujo de energía (Espinoza, 2005; Nava, 2006; Avila-Akerberg, 2009).

De acuerdo a la conectividad del SSE de la CRM identificamos que:

- I) En el sistema biofísico existe una fortaleza entre los nodos y las conexiones, sin embargo cuando hablamos de SE culturales, más allá de la existencia histórica de una gran diversidad de actores, se puede identificar que las conexiones son moderadas o débiles. En la esfera económica y política institucional, se pueden leer diferentes posturas y

percepciones entre los actores lo que nos da una conexión débil con otros actores y, por tanto, con los SE.

- II) La identificación de elementos e interacciones son importantes para optimizar los efectos de conectividad sobre la resiliencia de los SE, las redes son herramientas que nos pueden ayudar a identificar elementos clave para observar las debilidades del sistema. En este sentido, la CRM presenta nodos bien fortalecidos donde encontramos los SE, sin embargo, en aspectos socio-culturales, político institucionales y económicos, hallamos una falta en la integración tanto de actores como de transferencia del conocimiento.
- III) La restauración de la conectividad supone la creación de nodos clave de los SE que necesitan mejorarse, para que éstos no sean débiles y poco resilientes. En este sentido, el pastoreo no controlado y la presión de las actividades de recreación, así como los asentamientos irregulares, son un problema.

	<b>Variables de control</b>	<b>Retroalimentación</b>
<b>SE de regulación</b>	Retención de nutrientes	Cambio de uso de suelo, políticas locales y regionales
<b>SE de soporte</b>	Control de erosión, recursos genéticos	Control ecológico, cambio de uso de suelo
<b>SE de provisión</b>	Cobertura forestal y río superficial	Políticas locales, contaminación del agua y deforestación
<b>SE culturales</b>	Capacidad de carga de la CRM.	Ganadería, actividades recreativas, deforestación.

### *Análisis de la retroalimentación integral en la CRM*

La gestión de variables lentas y evaluaciones es a menudo crucial para asegurar que los ecosistemas producen servicios esenciales. Si estos sistemas se desplazan en una configuración o un régimen diferente, pueden ser extremadamente difíciles de revertir. La retroalimentación son conectores entre las variables que pueden reforzar (retroalimentación positiva) o amortiguar (retroalimentación negativa) el cambio.

En la CRM, se han identificado: el crecimiento de la mancha urbana, la tala clandestina, la actividad recreativa no controlada, la contaminación del río, asentamientos irregulares, las prácticas agro-pastoriles, los incendios forestales, la situación legal, los conflictos entre los propios miembros de la comunidad Magdalena Atlitica y los litigios con los pueblos vecinos, entre otros (Almeida, *et al.*, 2007).

Si hablamos de la identificación de la retroalimentación (Tabla 2), es necesario considerar el cambio de uso de suelo como una de las amenazas principales. A continuación esto se debe esencialmente al aumento de asentamientos humanos irregulares que, a su vez, influyen en otros procesos como la deforestación, al ocupar espacios para vivienda; asimismo, estos asentamientos ocupan zonas favorables para la recarga del acuífero, para actividades agrícolas y para la generación de servicios ecosistémicos en general. La presencia de estos asentamientos también debe verse desde la perspectiva de seguridad, ya que, debido a que el crecimiento, se está dando sobre una zona de barrancas y laderas, estos asentamientos resultan altamente vulnerables al deslizamiento de tierras (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008; Mazari-Hiriart, *et al.*, 2008; Jujnovsky, *et al.*, 2010; Aguilar y Guerrero, 2013).

Otra de las variables de retroalimentación son las actividades primarias que no están reguladas, como el pastoreo, la cual se desarrolla de forma desordenada y en prácticamente toda la zona, compactando el suelo y afectando la calidad del agua del río por la materia fecal del ganado (Facultad de Ciencias-UNAM, 2008; Instituto de Geografía-UNAM, 2008). Las actividades recreativas también necesitan mayor regulación debido a que es una de las principales causas de generación de residuos sólidos siendo un vector de contaminación al río y al suelo.

Es importante destacar que la auto organización de un sistema adaptativo complejo como el de los SSE es fundamental. Encontramos que la CRM, a pesar de estar en una zona peri-urbana de la Ciudad de México y de tener una presión sobre los recursos naturales, no ha sido sobre-explotada y ocupada, mientras que en el área de influencia observamos que las barrancas están sobrepobladas y contaminan el río.

Tabla 2. Relación de los SE y las variables de control y retroalimentación en la CRM.

En cuanto a la retroalimentación de los SSE en la CRM, es importante considerar:

- I) Las principales variables claves se representan por cambios antrópicos, por lo que el manejo del bosque y del agua lo realizan solamente algunos actores como el institucional. Es decisivo tener mayores regulaciones tanto socio-ambientales como político-institucionales para que exista una gestión ambiental exitosa y para que a futuro se pueda conservar el bosque de la CRM.

- II) En la CRM las actividades de recreación no controladas tienden a debilitar el sistema. Otro factor aún más importante es la presión de la expansión peri-urbana que se vuelve un problema más grave por la divergencia en opiniones de los tomadores de decisiones.
- III) La identificación de actividades y subsidios que interrumpen la retroalimentación, conducen a bajar los costos ambientales y económicos. Esto sucede con la introducción de nuevos conectores y retroalimentaciones a larga escala. En la CRM consideramos dos aspectos principales i) falta de regulación ambiental 2) poca integración de actores para la gestión de la CRM.
- IV) La identificación de problemas ambientales desde un enfoque multi-escalar así como la falta de retroalimentación entre los impactos negativos, llamadas externalidades. En la CRM se han identificado conflictos de intereses entre los diferentes actores, en varias ocasiones ha habido problemas para elegir a las autoridades comunales, observándose una fragmentación y enfrentamientos entre los comuneros. La consecuencia de estos conflictos sociales, conlleva a cambios de manejo y uso de los SE de la CRM.
- V) La CRM cuenta ya con asamblea local que se rige en el comisariado, donde los vigilantes tienen responsabilidad del cuidado del bosque. Aún así, es importante establecer una gobernanza socio-ambiental integrada con los diferentes actores que permita fortalecer la gestión ambiental de la CRM.

## *Conclusiones*

La CRM se encuentra amenazada socio-ecológicamente, sobre todo por los asentamientos irregulares, pastoreo y actividades recreativas no controladas. La mala gestión de esta cuenca puede tener consecuencias catastróficas como es la pérdida de los SE. Una de las ventajas que tiene la CRM es la existencia de estudios que respaldan la importancia de los SE para la Ciudad de México, más allá que en su mayoría son investigaciones desde el ámbito ecológico. También es importante enfatizar que los actores locales como son los comuneros, tienen un papel fundamental en la gestión de los recursos.

De acuerdo a los tres principios analizados para el marco de la construcción de la resiliencia (diversidad, retroalimentación y conectividad), se identificaron los SE y actores implicados en la gestión de los SSE de la CRM. Las conexiones, funcionalidad y estructura, así como las variables y retroalimentaciones más importantes. Consideramos que sería valioso aplicar los otros principios de este marco para tener una visión más completa de la CRM, así como hacer una adaptación de éstos a otros casos de estudio más importantes fueron identificadas..

## Referencias

Aguilar, A. G., y F. López Guerrero. (2013). Poverty in peripheral informal settlements in Mexico City: The case of Magdalena Contreras, Federal District. *Journal of Economic and Social Geography*, 104, no. 3, pp. 359-378,

Almeida-Leñero. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta ecológica de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT*, núm. 84-85.

Ávila- Akerberg, V. (2009). Forest quality in the southwest of México City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services. (Tesis de Doctorado). Alemania, Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales, Universidad Albert-Ludwigs, p. 167.

---, V. (2009). Forest quality in the southwest of México City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services. (Tesis de Doctorado). Alemania, Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales, Universidad Albert-Ludwigs, p. 167.

Avila, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios Agrarios*, No. 41, pp. 93-123.

Biggs R., Schlüter, M. y Schoon, ML. (2015) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press.

Castillo. (2005) Understanding the Interaction of Rural People with Ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems*, 8:1-13. 2005.

DOF. (1932). Acuerdo que declara Zona Protectora Forestal los bosques de la Cañada de Contreras, D.F.

Del río Pesado. (2003). Participación y organización comunitaria, un requisito indispensable en la conservación de los recursos naturales. El caso de los ecosistemas templados de montaña. En: INE-SEMARNAT (Ed.), *Conservación de los ecosistemas templados de montaña en México* (pp. 259-280). México.

EEA. (2010). 10 messages for 2010 Urban ecosystems. Copenhagen, 11 pp.

Espinoza, M. (2005). Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca alta del río Magdalena. Magdalena Contreras, D.F. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias. UNAM. México. p. 72.

Facultad De Ciencias-UNAM. (2008). Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 1. Contexto socio-ambiental. En *Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena*. SMA-GDF, UNAM.

Fernández-Eguiarte, (2002). Evaluación del avance de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos. *Gaceta Ecológica* 62, pp. 56–67.



Galván, L. (2014). Propuesta para la denominación de la cuenca del río Magdalena como Área Natural Protegida. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias. UNAM. México.

González, A. (2005). La Magdalena Atlitic, Un pueblo de fe, arte y cultura. Mayordomía Magdalena Atlitic. Centro de estudios Antropológicos, Científicos, Artísticos, Tradicionales y Lingüísticos CeAcatl, A.C. México, p. 80.

González Martínez, T. (2008). Modelación hidrológica como base para el pago por servicios ambientales en la microcuenca del río Magdalena, Distrito Federal. (Tesis de Maestría en Gestión Integrada de Cuencas), Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Gunderson, L.H. And Holling, C.S. eds. (2002). Panarchy: Understanding Transformations in Systems of Humans and Nature. Island Press, Washington, DC.

Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annu Rev Ecol Syst*, 4, pp. 1-23.

Instituto De Geografía-UNAM. (2008). Reporte de investigación para el diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 7. Caracterización socioeconómica. En SMA-GDF Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena. SMA-GDF, UNAM.

Jujnovsky. (2010). Hydrologic ecosystem services: water quality and quantity in the Magdalena River. *Hidrobiológica*, 20(2), pp. 113-126.

---, (En prensa). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena. En Almeida-Leñero, L., González Martínez, T. Pisanty I. (Coord.) Capítulo IV. En La biodiversidad en la Ciudad de México: Estudio de Estado. CONABIO-SEDEMA. México.

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

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.

PMRRM, (2008). Plan maestro de manejo integral y aprovechamiento sustentable de la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. En [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx).

Ramos, A. (2008). Propuesta de reclasificación y zonificación participativa de la Zona protectora Forestal, Cañada de Contreras, D.F. (Tesis Maestría en Ciencias Biológicas), Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Ramos, (2008). Características Histórico-Culturales, Tenencia De La Tierra Y Políticas Públicas En La Cuenca Del río Magdalena, D.F. En Almeida, L. E. Cantoral y J. Carmona (Coord.). Historia Natural y Cultural de la Cuenca del río Magdalena. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, D.F. México.

Walker, B. (2004). Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, 9, p. 5.