

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**

II. Aproximaciones metodológicas al estudio de los Sistemas Socioecológicos

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

Bonifacio Doroteo Pérez Alcántara

Profesor-Investigador

Facultad de Geografía

Universidad Autónoma del Estado de México

Ma. del Rosario Canales-Vega

Profesora-Investigadora

Facultad de Turismo y Gastronomía

Universidad Autónoma del Estado de México

Rafael Calderón-Contreras

Profesor-Investigador

Departamento de Ciencias Sociales

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

Introducción

El objetivo del trabajo, es caracterizar un sistema de barrancas del sur del Estado de México como un sistema socioecológico. Se analizan las interrelaciones e intercambios entre sus recursos y su aprovechamiento en un proceso de interacción continua, por tanto aborda, de manera general, las distintas formas como se vincula el hombre con su medio, así como con las variables ecosistémicas. El sistema de barrancas que se utiliza como caso de estudio está localizado en una región del sur del estado de México, enclavada en la subcuenca del río Amacuzac, afluente del río Balsas.

El presente capítulo está dividido en siete secciones, incluyendo esta introducción. La primera sección analiza los principales postulados analíticos utilizados para caracterizar el caso del sistema de barrancas como un sistema socioecológico, partiendo desde los antecedentes teóricos de los estudios de la relación hombre-naturaleza. La segunda sección describe brevemente los métodos utilizados, y las posteriores secciones caracterizan los 3 conceptos principales que se identifican como componentes de un sistema socioecológico resiliente: diversidad, conectividad y retroalimentación; principios que se caracterizan desde el punto de vista de la geografía. Finalmente, la última sección incluye las principales conclusiones derivadas.

Antecedentes analíticos de los estudios de la relación hombre-naturaleza

Los estudios de la relación del hombre con su medio, también conocida y aceptada como relaciones hombre-naturaleza, ocupan el interés de científicos de todo el mundo y de varios campos disciplinares, a ello ha contribuido el incremento de las alteraciones que provoca el hombre en la naturaleza.

El interés por indagar la función de la naturaleza en interacción con la raza humana y los impactos que ésta última ha tenido en el ambiente, no es un tema nuevo, pero se incrementó en épocas recientes cuando se ha manifestado la creciente urgencia por evitar la desaparición del medio natural, necesario para la sostenibilidad de la raza humana (Magadán Revelo, *et al.*, 2015).

Es así como el estudio del ambiente, como un gran sistema socioecológico, ha venido ganando terreno tanto en el ámbito académico como en el gubernamental e institucional, fundamentalmente porque permite remarcar la integración de los aspectos sociales y ecológicos en el análisis de los problemas ambientales y en su gestión (Verón, 2015), pues “gestionar el ambiente” se ha vuelto una cuestión prioritaria en los escenarios en los que se presentan temas asociados con la vida en el planeta Tierra, pero también en aquellos ámbitos donde se toman decisiones que tienen como objetivo central la preservación del entorno en el que se desenvuelve la vida, lo que integra, necesariamente, elementos tan intangibles como la cultura, además de los seres vivos, objetos, agua, aire pero, sobre todo, las relaciones entre ellos (Trinca Figuera, 2010).

Por el contrario, los estudios realizados en los ambientes de barrancas, son escasos y muchas veces considerados como inútiles por algunos científicos, Juan (2007) por ejemplo, revisa en su obra algunas características de las Barrancas del Cobre en el norte del país, de las Barrancas de los ríos Presidio y Piaxtla, en Durango y centra su atención precisamente en la zona de las Barrancas del río Calderón, en el sur del Estado de México. Sobre las Barrancas del Cobre, Lebgue, Sosa y Soto (2005), realizan un interesante estudio de la flora de la zona, pero para las estructuras orográficas de México, los estudios de barrancas son realmente escasos.

Más tarde, Canales (2006) realizó un trabajo de evaluación ambiental sobre el sistema de barrancas del río Calderón y Vilchis Onofre (2015); trabajó recientemente identificando otros sistemas de barrancas ubicados en el sur del Estado de México, en ambos casos, valorando su potencialidad ambiental como sistemas útiles para el bienestar humano.

Como se puede apreciar, el interés por este tipo de ambientes es cada vez mayor, el trabajo forma parte de esa serie de aproximaciones que se han hecho en los últimos años, y que se siguen realizando, en lo que hemos denominado el “Sistema de Barrancas del Sur del Estado de México”, en las inmediaciones de los municipios de Ixtapan de la Sal, Villa Guerrero y Zumpahuacán. En este lugar se ha probado la importancia del ambiente por el manejo de los recursos naturales y la combinación de agricultura tradicional con moderna, lo que permite no sólo la subsistencia de la familia campesina, sino que genera formas de organización, colaboración e intercambio entre los pobladores de la comunidad y la región que les son muy particulares y les caracterizan en su entorno, de ahí la importancia del estudio.

El trabajo parte de una breve argumentación teórico-conceptual con las preguntas que sirven de guía, posteriormente se precisa el procedimiento metodológico con la caracterización del área de estudio, para derivar, de este modo, el análisis de la relación hombre-medio y la importancia que ésta tiene en las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad.

El uso de los sistemas socioecológicos como marco teórico de referencia

A juzgar por los resultados observados en los cauces de los ríos, en bosques y selvas, el suelo y la atmósfera, es evidente que no hemos valorado, en su justa dimensión, la importancia de la naturaleza para el desarrollo de nuestra sobrevivencia o, al menos, no toda la sociedad lo ha hecho, de tal suerte que la urgencia de estas valoraciones, en torno a la relación del hombre y su medio, deriva de la incidencia que tiene el desarrollo humano en el desenvolvimiento de la naturaleza, que, paradójicamente, pone en riesgo la propia existencia del hombre, lo cual reclama este tipo de reflexión (Ortiz Blanco, 2012).

Para el abordaje del trabajo, partimos de la base que hay una gran diversidad de corrientes de pensamiento geográfico que podrían ayudar a explicar nuestro objeto de estudio, desde la Geografía tradicional propuesta por Ratzel; el Enfoque regional de Kant, Ritter y Harshorne; el Determinismo y Posibilismo geográficos, de finales de siglo XIX, planteado por Vidal de la Blache; la Nueva Geografía o Geografía cuantitativa propuesta por Harvey; la Geografía

humanista y cultural de Yi-Fu Tuan; la Geografía crítica, con E. Reclus; y, la Geografía ambiental de Tricart, Troll y Sochava, pero por la propia naturaleza del mismo, elegimos abordarlo desde la Geografía ambiental, cuyo paradigma estudia los sistemas ambientales, desde la perspectiva de la relación naturaleza sociedad (Mateo, 2011).

Para entender el concepto de sistema, a pesar de que ha sido abordado desde múltiples facetas y prácticamente en todos los campos disciplinarios, siendo congruentes con el planteamiento teórico, para este efecto, se aborda desde la perspectiva ambiental. Partimos de la base de que un sistema es un conjunto de elementos que se encuentran en relación y con nexos entre sí; es un conjunto energético-substancial de componentes interrelacionados, agrupados de acuerdo con relaciones directas e inversas en una cierta unidad (Mateo, 2011), tal como ocurre en la zona de estudio.

De Bolos (2000), estima que es un conjunto de elementos en interacción regidos por principios que se amparan en la Teoría General de Sistemas propuesta por Von Bertalanffy (1901-1972), quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas" (TGS). Para dicho autor, la TGS debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos (Arnold Cathalifaud y Osorio, 1998).

Dichos principios son:

- 1) Carácter multivariable: Porque el número de variables de un sistema es por lo general elevado y aumenta con el nivel de integración de sus elementos.
- 2) Carácter de totalidad: alude que el sistema no es la suma de sus partes, toda vez que no pueden quedar al margen las interacciones y que la totalidad se mantiene gracias a la acción recíproca de sus componentes.
- 3) Se estructura por niveles: lo que significa que la forma de organización interna del sistema conduce a la jerarquización por niveles, en función del grado de complejidad de los propios elementos y sus interrelaciones.
- 4) Son dinámicos: por las entradas y salidas de materia y energía que registra el sistema y que producen cambios en él.
- 5) Tienen relaciones directas e indirectas entre sus elementos: las primeras consisten en la influencia unilateral de un elemento sobre otro y, las segundas, las que derivan de las anteriores.

En otras palabras, se trata de una estructura caracterizada por la diversidad de los componentes del todo, debidamente jerarquizado, en constante cambio e interacción, como lo veremos más adelante.

Por otra parte, los Sistemas Socioecológicos o socioecosistemas, también son considerados como sistemas complejos (García R., 2009), conformados por la relación entre los ecosistemas y los sistemas sociales constituidos por actores sociales e instituciones con sus dependencias e intereses (Verón y Barragán M., 2015). Pero es preciso poner sobre la mesa otros conceptos que intervienen de manera activa en la comprensión del enfoque sistémico; tal es el caso de la resiliencia, definida como la capacidad que tiene un sistema para persistir o perseverar. En el caso socioambiental se puede entender como la capacidad que tiene la interacción siconatural para poder regenerarse sin alterar su forma (Escalera Reyes y Ruíz Ballesteros, 2011).

Entonces, dentro del sistema complejo que ofrece el enfoque socioecosistémico, se debe entender que la interacción hombre naturaleza es punto crucial en el desarrollo de nuestra forma de vida; comprender dicho concepto nos lleva a un cambio de paradigma en el que la noción lineal causa-efecto de los procesos, debe ser sustituido por la comprensión no-lineal del espacio-tiempo y cómo esta interpretación puede esclarecernos la capacidad regenerativa que tiene el ambiente y sobre la cual, la interacción humana debe basar sus esfuerzos para preservarse (Magadán Revelo, Hernández Juárez, Escalona Maurice, Fernández Ordóñez y Aguilar Ibarra, 2015).

Hay que entender que el análisis sistémico se ha fundamentado tradicionalmente en el equilibrio por mera comodidad analítica; pero es la flexibilidad, el concepto clave para entender cabalmente un sistema ecológico (Escalera Reyes y Ruíz Ballesteros, 2011).

En este contexto, la resiliencia socioecológica se puede entender como la capacidad de un socioecosistema, sujeto a algún tipo de estrés —en el sentido más básico del término— o de desequilibrio —no necesariamente negativo— interno o externo, para regenerarse a sí mismo sin alterar sustancialmente su forma y funciones, en una especie de “conservación creativa” (Escalera Reyes y Ruíz Ballesteros, 2011). En esta tensión permanente de lo vivo, entre estabilidad y cambio, la resiliencia es una noción que nos permite pensar de una manera particular la relación entre naturaleza y sociedad. Nos invita a una perspectiva que antepone el proceso a la forma, el cambio constante al equilibrio, y la relación dinámica a la articulación estática. La resiliencia nos ayuda a cambiar la perspectiva de análisis desde modelos simples de relación causa-efecto, a sistemas complejos y relaciones no lineales (Ibid).

El socioecosistema, como elemento regulador, permite entonces la posibilidad de introducir factores de control y corrección a los desequilibrios sobre la sociedad y el ambiente, corrección que implica, en todo caso, a la participación de los diversos actores sociales del sistema (Osorio, 2005).

Esta perspectiva permite realizar un doble análisis: por un lado, el modo en que las acciones humanas afectan los ecosistemas y, por otro, la forma en que repercuten dichas alteraciones en la sociedad. En este sentido, la aproximación al estudio del socioecosistema desde el enfoque de los servicios de los ecosistemas (Balvanera y Cotler, 2007; Montes, 2007) ha constituido un avance conceptual y metodológico para el abordaje de la relación sociedad-naturaleza. Esta perspectiva

ofrece una visión antropocéntrica, a partir de la cual los ecosistemas se vinculan directamente con el bienestar humano (Naciones Unidas, 2005; Montes, 2007a; b; Gómez-Baggethun, *et al.*, 2010; Martín-López, *et al.*, 2009; 2013) citados por Verón E. M. (2015).

Las barrancas, son formas lineales negativas (UNAM, 1989), conocidas también como precipicios, despeñaderos o cárcavas de la superficie terrestre, formadas por la interacción de corrientes de agua permanentes y temporales, precipitación, erosión y desprendimiento de materiales (Juan, 2007).

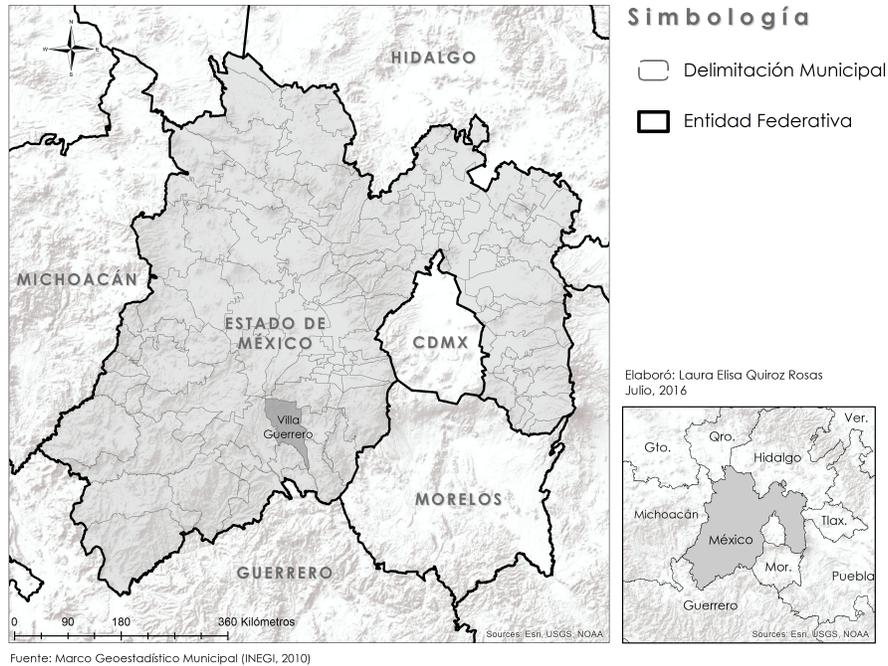
En este marco surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los atributos específicos de un Sistema Socioecológico que pueden ser caracterizados en las barrancas del sur del Estado de México, sus recursos y su aprovechamiento? ¿Acaso los sistemas de barrancas son inútiles para el desarrollo de la vida humana o qué funciones cumplen como un socioecosistema territorial y en qué estado se encuentran?

Método

Como se observa en el mapa 1, el área de estudio se encuentra localizada en la porción centro sur de la entidad, específicamente en la comunidad rural de Progreso Hidalgo, municipio de Villa Guerrero, Estado de México, a 40 kilómetros al sur sureste del Volcán Xinantécatl (Nevado de Toluca), justamente en los límites de los municipios de Ixtapan de la Sal, Villa Guerrero y Zumpahuacán (mapa 2), en la denominada zona de transición ecológica que, desde el punto de vista biogeográfico, divide al territorio del Estado de México en dos reinos: El Neotropical, localizado en la parte sur y El Neártico, que se encuentra en la porción norte del territorio (Juan P. J., 2013), tomando como referencia el Sistema Volcánico Transversal, a la altura del paralelo de los 19 grados de latitud norte.

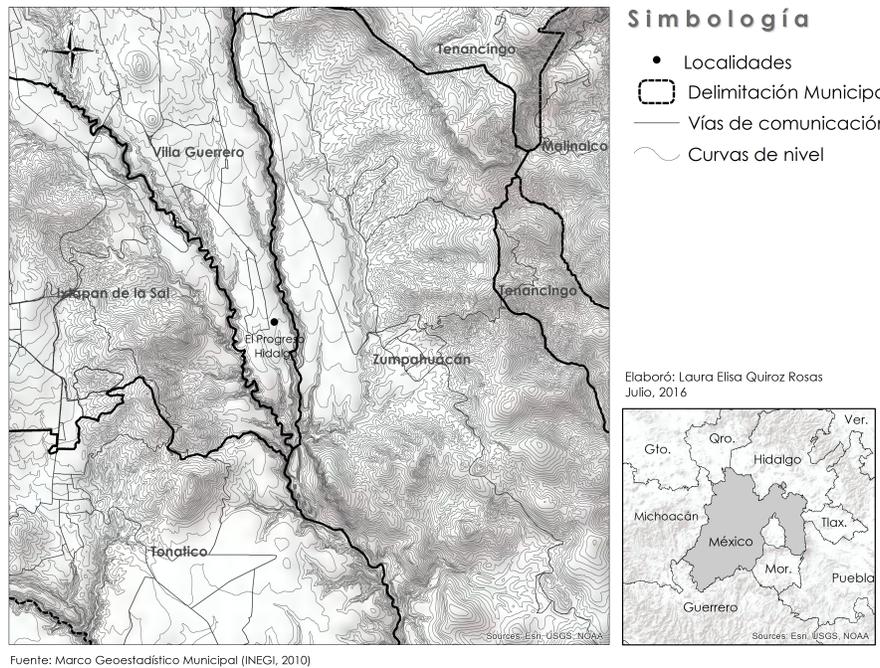
Entre estos dos reinos se localiza lo que Odum (1972) reconoce como zona de ecotono o zona de transición, con gran diversidad ecológica que, de acuerdo a las condiciones geológicas, edafológicas, climáticas y de vegetación, presenta características que hacen posible la diversidad ambiental, de los cultivos agrícolas con fines de subsistencia y comerciales, así como en materia social y cultural.

Esta ubicación permite que la región se vea favorecida por la disponibilidad de agua proveniente del volcán “Xinantécatl” (Nevado de Toluca), así como un suelo fértil, para la realización de actividades agrícolas y pecuarias que constituyen el sustento de las familias campesinas de la localidad y que da lugar a la integración de un socioecosistema territorial, con características muy particulares.



Mapa 1. Ubicación de la zona de estudio.

El trabajo es de corte local y con un enfoque analítico, en el entendido de que los ejercicios de esta naturaleza permiten conocer con alto grado de detalle las características, funciones y relaciones de los elementos geográficos que conforman cualquier Socioecosistema territorial y, en este caso, resulta de gran interés revisar las condiciones en las que se encuentra la zona, así como el manejo empírico que hacen los pobladores de sus recursos, tanto de los que se encuentran al interior de las barrancas como los utilizados en la zona agrícola y el poblado, en un proceso de interacción sumamente interesante.



Mapa 2. Límites municipales de la zona de estudio.

Debemos aclarar que dicha región fue escogida como unidad de estudio, después de una serie de visitas y trabajo de campo al lugar con distintos especialistas Juan P. J., (2000), Canales (2006), Gutiérrez Cedillo, Balderas Plata y Antonio Némiga (2015) sólo por mencionar algunos, quienes han desarrollado diversos esfuerzos, desde la perspectiva geográfica, antropológica, ambiental y turística, para explicar el peculiar comportamiento de la multifuncionalidad de la familia campesina (Pérez Alcántara y Canales Vega, 2007) y la multifuncionalidad de los sistemas de barrancas (Juan P. J., 2007) en esta porción del estado.

Tratándose de un trabajo de corte local, el método utilizado consistió en la aplicación de cuestionarios y entrevistas, así como trabajo de campo directo, para conocer las características y funcionamiento del socioecosistema de manera muy puntual.

Hablamos de un sistema no sólo por las características ambientales que le son inherentes, sino también por las condiciones de adaptación sociocultural que, con el paso del tiempo, han generado sus pobladores para el manejo de su espacio y sus recursos, estrechamente ligados a una economía agrícola sustentada en la diversidad y combinación de cultivos con fines de autoconsumo (maíz, frijol y verduras) y con cultivos que tienen como fin terminal el comercio regional y nacional (fresa, gladiola, tomate, camote) aunque en menor escala.

La diversidad en el socioecosistema de barrancas. Ambiente Físico

De acuerdo con la información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2002) y del Instituto de Investigación e Información Estadística, Geográfica y Catastral del Estado de México (IGECEM, 1993), la región objeto de estudio, tiene una extensión de 28 kilómetros cuadrados y se encuentra limitada al norte, siguiendo la coordenada 18° 51' de latitud norte, por el sur, la confluencia de los ríos San Jerónimo y el río Calderón, por el oeste, la barranca formada por el río Calderón y, al este, la barranca formada por el cauce del río Tenancingo que, al unírsele el río Temozolapa, cambia su denominación a río San Jerónimo, dando origen al sistema denominado Cañadas de Ixtapan de la Sal.

Los elementos que forman el Sistema de Barrancas, son precisamente el Río Calderón por la zona occidente, el cual es alimentado por el río Nenetzingo; los arroyos San Martín, arroyo Grande, Mal Paso y Tecualoya, entre otros afluentes de menor caudal; por el oriente, el río Tenancingo, -o río San Jerónimo a partir de su confluencia con el río Temozolapa-; Dos cañadas internas originadas por escurrimientos (época de lluvias); tres lomeríos donde se practica la agricultura de riego y de secano, y la comunidad de Progreso Hidalgo.

Además de los elementos hidrológicos mencionados en el párrafo anterior la zona cuenta con otra fuente de agua que procede de corrientes perennes e intermitentes, que tienen su origen en las elevaciones orientales localizadas en los Municipios de Tenancingo y Zumpahuacán, aumentando el caudal de los arroyos del río Temozolapa y el río San Jerónimo.

Como alternativa para favorecer la infiltración en épocas de estiaje, apoyar el riego y la cría de animales, se han construido sistemas para el almacenamiento (bordos), conducción y distribución que favorecen el manejo del recurso hídrico y son importantes, además de lo anterior, para el cultivo de especies animales acuáticas como ranas, carpas y mojarras. Así como para practicar el riego de cultivos comerciales en terrenos agrícolas ejidales, favoreciendo la existencia de amplias zonas dedicadas a la agricultura.

Es importante señalar que todos los afluentes, que se encuentran en la región, sean intermitentes o perennes, desembocan finalmente en el sistema de barrancas. Este hecho, trae como consecuencia una alta diversidad florística y faunística en el sistema, favorecida por las variantes microclimáticas entre las zonas bajas, o los causes, las laderas, las mesetas, las áreas de almacenamiento de agua y las de cultivo.

De manera general, las características geológicas de la región están relacionadas con la Formación Geológica Balsas, que data del Periodo Terciario de la Era Cenozoica (INEGI, 2002). Desde el punto de vista geológico, la zona se cubre de rocas de tipo sedimentario que subyacen a las rocas ígneas que derivan del Volcán Xinantécatl, de ahí la formación de las barrancas favorecida por el tipo de roca, las pendientes y los procesos erosivos. De acuerdo con la carta de uso potencial, editada por el INEGI (1982), desde el punto de vista agrícola, los suelos que pertenecen al tipo Vertisol son fértiles y tienen la capacidad agrológica para usarse en el manejo de una alta diversidad de cultivos.

Otra unidad edáfica, que se observa en menores porciones es el Feozem Háptico, rico en materia orgánica y elementos nutritivos; por sus características físico-químicas, el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado y, por lo tanto, es utilizado para practicar la agricultura con cultivos de riego y de secano.

Los suelos de tipo Litosol se observan en algunos puntos adyacentes a los afloramientos rocosos y barrancas de la región. Son suelos muy someros (menos de 10 cm de profundidad); su espesor está condicionado a la pendiente, ya que está influye directamente sobre la escasa acumulación de los materiales edáficos, y son muy susceptibles a la erosión.

Como consecuencia de la combinación de las características del medio, anteriormente descritas, la vegetación natural y su diversidad ecológica, entendida como el grado de heterogeneidad de la composición de especies de un ecosistema o agroecosistema, de su potencial genético, su estructura vertical y horizontal, estructura trófica, funcionamiento ecológico y cambio en el tiempo (Gliessman, 2001), vinculada directamente a la ubicación de la zona de estudio, existe gran diversidad ecológica que, de acuerdo a las condiciones geológicas, edafológicas, hidrográficas, climáticas y de vegetación, presenta características que explican y favorecen la agrobiodiversidad, la diversidad cultural, e influyen en el manejo de cultivos agrícolas, toda vez que las formas de organización y operación se heredan y perfeccionan de generación a generación, sin perder su original esencia, que vincula de forma permanente al hombre con su medio, en una relación que mantiene esos vínculos con la naturaleza bajo el esquema ecosistémico, socioecosistémico y finalmente de aprovechamiento de los recursos naturales y no a la inversa, como se ha hecho en los últimos tiempos bajo la lógica del capital y los intereses dominantes.

Como ya lo referimos previamente, por encontrarse en una zona de ecotono, el sistema tiene una amplia diversidad de especies florísticas tanto silvestres, como inducidas y cultivadas, dicha diversidad favorece la función social e incluso económica de la propia comunidad y las comunidades aledañas, lo anterior por el uso que se da a gran parte de la flora, como las plantas medicinales (más de 20 especies tienen este fin); para alimento tanto humano como de los animales y, en algunos casos, como material de construcción. Otro factor que favorece la diversidad, asociado a los anteriores, es la vegetación ornamental y frutal de las casas, las cuales han implementado la formación de huertos familiares, que les sirven como alternativa en la época en donde no cuentan con ingresos provenientes de la actividad agrícola.

La mayoría de las plantas utilizadas se encuentran en las tierras de uso común, las laderas, las barrancas, los bordos y los canales, por lo tanto, constituyen ambientes de gran importancia para la vida de los pobladores de la comunidad y la región, razón por la cual los ejidatarios cuidan la extracción y el uso de los recursos, de cada uno de esos ambientes, debido a que son parte esencial en el proceso de subsistencia.

La diversidad florística se complementa con una gran variedad de animales que forman parte de la dieta alimenticia de las familias y que, por tanto, cuidan y regulan en la medida de lo posible para la preservación del sistema, ya sea a nivel de barrancas, en los estanques o en las zonas de cultivo.

La cacería en la zona es regulada por los pobladores, quienes llevan un control de las personas que visitan las barrancas, y para el caso del autoconsumo, sólo se les permite extraer lo que se van a comer, evitando con ello la sobreexplotación del recurso. La fauna doméstica es característica de las zonas rurales, constituida por especies de gran tamaño utilizadas como fuerza de trabajo y con fines alimenticios, y por aves de corral que dan apoyo a la subsistencia familiar.

La diversidad en este socioecosistema, como afirman Castillo y Velázquez (2015), también se refiere a la diversificación de funciones de las propias poblaciones, con una adecuada organización social regida por las autoridades ejidales. La diversidad en el uso de la tierra –fincas, huertas, granjas, acuicultura, jardines forestales, plantaciones de árboles de frutos secos–, es clave para la resiliencia de la población, por ello se ha favorecido en los últimos años, evitando el monocultivo (que representan por definición, una ausencia total de diversidad) con un claro conocimiento de causa de los beneficios que esto les acarrea.

Fue común ver en un tiempo el cultivo de maíz para el comercio o el autoconsumo, posteriormente, el cultivo de gladiola; en otro momento, avena forrajera o fresa y, algunas veces, la combinación de cultivos como haba con maíz, maíz con calabaza o frijol y chícharo, entre los más comunes, respetando los ciclos y la recuperación de la fertilidad del suelo.

El Sistema Sociocultural y los mecanismos de conectividad con el medio

En la unidad de análisis se ubica la localidad de Progreso Hidalgo, integrada por el asentamiento humano con 2.0% de la superficie territorial, las tierras ejidales que ocupan poco más del 91%, la zona de barrancas, cerca del 3% y los cuerpos de agua, con poco menos del 4% del total. Su población total para el 2015, superaba los 1,100 habitantes (H. Ayuntamiento, 2016), la gran mayoría originarios del lugar, pero en los últimos años se aprecia la llegada de personas que venían ofreciendo su mano de obra y que con el tiempo se casan y se quedan a vivir en la localidad, o en localidades circunvecinas. Lo anterior naturalmente rompe con las estructuras sociales ya determinadas, con sus propias costumbres, valores, creencias, patrones de conducta e incluso conocimientos gestados al correr de los años por las propias comunidades, por ello la asamblea de ejidatarios es quien rige las normas principales, y los jóvenes o avecindados no pueden tomar decisiones de mayor relevancia en sus comunidades, como un mecanismo de preservación de la organización social y las formas en que se vinculan con el contexto.

Organización Territorial

Esta sección aborda, de manera general, los tipos de asentamientos característicos de las barrancas, las distintas formas de organización y operación, así como los servicios disponibles en la comunidad, todo ello como parte de la conectividad social de Progreso, Hidalgo y su ejido de Santa Ana Xochuca, el cual está integrado por dos porciones, la parte central donde se ubican las parcelas sobre tres lomas: Loma del Reservado, Loma del Arco y Loma de las Agrias, y el asentamiento humano que se localiza en la Loma del Arco, es decir, en la parte central.⁵

Dentro de la comunidad, existen tres tipos de habitantes, clasificados de acuerdo a la tenencia de la tierra: los ejidatarios, que representan el 80% de la población, se definen como las personas mayores de 18 años que poseen una parcela arable o un lote donde se encuentra establecida la casa-habitación y cuya propiedad está acreditada mediante un certificado parcelario otorgado por el Registro Agrario Nacional.

En segundo lugar, los posesionarios, que representan el 11.6% del total de la población y que son hombres mayores de 18 años o individuos que han contraído matrimonio antes de esta edad y que solamente poseen un lote donde se encuentra construida la casa-habitación, pero no tienen derechos ejidales. Los avecindados, que son las personas que han llegado a vivir a la comunidad, procedentes de la región o de otra entidad, no poseen parcela ejidal, pero sí un espacio que ha sido otorgado o vendido por un ejidatario donde se encuentra su vivienda, y solamente el 8.4% de la población se encuentra en esta situación.

Todas las decisiones sobre el uso y manejo de los recursos que se encuentran en la comunidad se toman por los ejidatarios, los cuales deciden las acciones en beneficio de la comunidad; aunque los posesionarios y los avecindados radican en la población, no emiten ningún tipo de opinión acerca de las decisiones que se toman.

La forma de organización social que refleja su conectividad al interior de la comunidad, es muy particular, está regida por la asamblea de ejidatarios, donde se asignan tareas muy específicas a la colectividad, mismas que hay que cumplir para mantener el orden y la funcionalidad social.

El Patrón de Asentamiento de la comunidad es regular y concentrado, como consecuencia, las interacciones se rigen por dos formas fundamentales: la conectividad desde y hacia el exterior, para favorecer su sistema de mercado -insumos y productos, es por medio de una calle principal pavimentada, por la vía motorizada; con automóviles propios, vehículos de carga -que son los menos- y de pasaje, regidos en sus tiempos en función de la demanda.

La ubicación de la comunidad favorece de manera permanente y natural el vínculo con las barrancas, la forma de aprovechamiento de sus recursos y el cuidado del ambiente, al estar prácticamente rodeada por ellas.

La actividad económica predominante se asocia con las características del sistema, disponibilidad de suelo, agua y condiciones climáticas, entre otros factores asociados, y se vincula principalmente con la actividad agrícola y florícola; la primera, para el autoconsumo y el comercio local y regional; la segunda, fundamentalmente para la actividad comercial, fortaleciendo el principio de conectividad interna y externa.

La actividad ganadera, aunque se practica, tiene menor importancia en el desarrollo de la comunidad propiamente dicho, pero no deja de ser relevante; destacan entre los más importantes la cría de ganado vacuno, bovino, caballos, para la producción y consumo de leche y carne, para el apoyo del trabajo en el campo. A lo anterior se suman las aves de corral, propias de las comunidades rurales para complementar la dieta familiar y, por supuesto, es una forma de

mantener también los vínculos sociales, ya sea con el préstamo de animales, intercambio u obsequio, en diferentes condiciones o eventos.

Por otra parte, la actividad comercial de productos básicos y derivados de la actividad agrícola y ganadera, complementa las funciones económicas del lugar; el comercio se realiza desde el nivel local, en los mercados regionales e incluso a nivel nacional.

Es importante reconocer que, como parte de su organización, los ejidatarios trabajan siempre de forma colaborativa, apoyándose mutuamente en las labores del campo y, cuando el caso lo amerita, contratan mano de obra que llega de fuera a ofrecer sus servicios. La funcionalidad social, en buena medida depende de estos mecanismos de conectividad, los cuales, si se alteran o se rompen, podrían incidir negativamente en la estructura del sistema por un tiempo indeterminado, en contra de la estabilidad social y ambiental del socioecosistema. Pongamos por ejemplo la contratación de mano de obra externa que no conoce el sistema de cuidado y aprovechamiento de los recursos de las barrancas, o de los bordos y estanques, en tanto aprende hay que regularlo, de lo contrario podría afectar no sólo la estabilidad del ecosistema, sino la estabilidad social, por el abuso en el uso de recursos que están regulados por la propia comunidad, sin cuestionar porqué.

La comunidad, gracias a su organización y a las formas en cómo se vincula entre sí, hacia dentro y hacia fuera y realizando la gestión correspondiente, cuenta con servicio de energía eléctrica y alumbrado público prácticamente al 100%, mientras que el 85% de las viviendas cuentan con el servicio de agua potable, el resto se abastecen colocando una manguera en la llave principal de parientes y vecinos, como muestra de los niveles de confianza que los enlazan. En materia de drenaje, la cobertura es cercana al 95%, y el resto vierte sus aguas residuales al aire libre, en la periferia del pueblo y a orillas de las barrancas, con los consecuentes problemas de contaminación. Una situación que a pesar de la organización vecinal, no han logrado resolver y que, sin duda alguna, incide negativamente en los propios habitantes. Situación que se la ha hecho ver y que están convencidos que merece su atención a la brevedad posible.

En materia de vivienda, según datos de los pobladores, la comunidad cuenta con 175 viviendas, de las cuales, el 85% están construidas con materiales modernos, 13% con recursos disponibles propios de la comunidad (adobe, piedra, madera, aguasoles, acahuals, carrizos, otates, zacate y ramas de árboles), extraídos de las laderas y barrancas de la región, -como una muestra más de la conectividad hombre-medio-; el restante 2%, se encuentran construidas con material de desecho (papel encerado y cartón), lo que representa un riesgo para sus moradores, quienes habitan ocasionalmente las viviendas según la temporada de trabajo.

En algunas de las viviendas existen fogones hechos con piedra y barro. Las amas de casa, cocinan y consumen sus alimentos en los patios, bajo la sombra de los árboles, por las temperaturas en primavera y verano. Para la preparación de los alimentos usan leña, que se corta y extrae de las barrancas, aguasoles de las milpas, acahuals, olotes, aunque también se usa el gas licuado.

Caracterización de la retroalimentación en el sistema de barrancas

La retroalimentación o realimentación tiene como función principal optimizar en todo momento el comportamiento de los sistemas y como mecanismo de control que ejercen los ecosistemas para tal efecto, puede ser vista en dos grandes vertientes: la retroalimentación positiva y la retroalimentación negativa, la primera, encargada de favorecer las reacciones en cadena para dar respuesta a los estímulos iniciales y, la segunda, de contrarrestar o modificar las consecuencias que generan ciertas acciones sobre los ecosistemas, podríamos decir que su función es mantener la resiliencia general del sistema mediante procesos de autorregulación para que éste siga funcionando en forma adecuada.

Desde el punto de vista del socioecosistema territorial de las barrancas del sur del estado, y tomando como referente el tema del agua como elemento central de la dinámica del socioecosistema, es evidente que la retroalimentación está presente siempre. Las formas de expresión territorial de este importante recurso es, por varios medios, el agua que fluye de manera natural por los cauces y barrancas, el agua que se canaliza de las faldas del volcán y se aprovecha para el riego de forma directa, o para llenar los bordos o estanques que la población ha construido bajo diferentes perspectivas, como sistema de almacenamiento para riego en temporada de estiaje, para cultivo de peces o ranas en favor de la alimentación y como alternativa de recarga de los mantos acuíferos.

En algunos cauces, los problemas de erosión y sedimentación asociados con la emisión de contaminantes, han frenado el curso de las aguas, provocando contaminación y, consecuentemente, la aparición de especies ajenas al sistema, como liríos y en ciertos casos la disminución de otras propias del lugar, esta situación va generando desequilibrios del mismo socioecosistema, toda vez que la existencia de especies ajenas y la contaminación, merma la disponibilidad de aquellas que los pobladores utilizan, alterando la relación hombre-naturaleza. Pero por otra parte, también existen corrientes de agua que con el correr en los cauces se autodepuran, como parte de un principio elemental de la naturaleza, que sigue beneficiando a las comunidades aguas abajo.

El agua corriente o canalizada se aprovecha lo más que se puede en actividades de irrigación o como abrevaderos del ganado, favoreciendo con ello tanto la actividad agrícola como el mantenimiento de la vegetación, que a su vez disminuye los procesos erosivos, la acumulación de suelos, la generación de materia orgánica y, como consecuencia, mayor infiltración, mejor producción agrícola y así sucesivamente, generando en el ecosistema, un círculo virtuoso.

Debe resaltarse también que sin un conocimiento científico riguroso de parte de los habitantes de la comunidad, gracias a sus valores, experiencia, costumbres y tradiciones, traducido todo en su cultura, y debido a la importancia que otorgan al ecosistema y no sólo a los recursos, con el paso del tiempo han transitado en la concepción sobre el manejo de este

importante recurso, de una percepción antropocéntrica y economicista, a una percepción ecocéntrica y ecosistémica, ¡vaya lección de “quienes menos saben” para quienes regulan, administran y hasta politizan el uso del agua con otros fines distintos a su adecuado aprovechamiento

Otro claro ejemplo de retroalimentación, tomando como base la actividad ganadera, por escasa que pudiera ser, se da a partir de la producción de leche, carne y huevo, como insumos básicos para la alimentación de las personas, al mismo tiempo que la producción de materia orgánica, se usa totalmente como fertilizante en las áreas de cultivo y para los frutales, como una práctica tradicional.

Con la colecta y distribución de los desechos del ganado, se fertiliza la tierra, en un proceso cíclico anual, con ello se disminuye o nulifica el uso de fertilizantes químicos, que además deterioran el suelo y se incrementa la rentabilidad, favoreciendo la producción de granos y forrajes que naturalmente la gente emplea para alimentar al ganado.

Es por ello de singular importancia el conocimiento tradicional que se hereda de generación en generación, como parte también de un proceso natural de retroalimentación social, donde el conocimiento empírico se aplica en la sucesión de las generaciones, derivado de los resultados obtenidos por los antecesores.

Es muy evidente que la interacción de las sociedades tradicionales con su medio ambiente frecuentemente resulta más sustentable que la interacción de la sociedad moderna, porque muchos sistemas tradicionales han coevolucionado con sus ecosistemas durante siglos. Se encuentran coadaptadas. La sociedad moderna puede beneficiarse de la sabiduría tradicional, pero debiéramos apreciar a las sociedades tradicionales por lo que realmente son y no por lo que quisiéramos que fueran. No todas las sociedades tradicionales tienen relaciones saludables con el ambiente, ni las han tenido siempre en el pasado. Si las tienen, es por razones que van más allá de conceptos románticos tales como la armonía con la naturaleza. Se debe a razones prácticas relacionadas con la dependencia con sus sistemas ambientales de sustento, los paisajes y las comunidades biológicas que proporcionan los recursos materiales esenciales, tales como alimentos y refugio, además de recursos emocionales como la belleza (Gerald, 2001).

No debemos cerrar este trabajo sin resaltar justamente la relación tan estrecha del hombre y su medio en este espacio local al que hemos denominado “sistema de barrancas”, justo por lo antes expuesto y por los niveles de retroalimentación que percibimos y que, naturalmente, no pueden ser expuestos en su totalidad en un espacio tan breve. Queremos referirnos, por último, a ciertos procesos de retroalimentación implicados en esta zona del sur del Estado de México, donde, sin un estudio de planificación integral, un plan de ordenamiento o programas de desarrollo del medio ambiente, regido por autoridades que finalmente poco pueden lograr, la conciencia social tiene mejores beneficios.

Se trata justamente de ese conocimiento empírico, de esa herencia cultural que los habitantes transmiten de generación en generación y que se manifiesta en el sistema de protección, conservación y mejoramiento continuo de los recursos disponibles, así como el aprovechamiento

incluso de las propias “adversidades”, sequías, inundaciones, erosión, manejo de áreas sensibles y el régimen de caudales (Mora, 2016), sólo por mencionar algunos ejemplos, que a la vista de estas comunidades son justamente procesos naturales de retroalimentación que el medio requiere para auto regularse y que, por tanto, se dejan fluir hasta el punto que ellos estiman “normal”.

Conclusiones

Como se puede observar, existe una estrecha relación entre el hombre y su medio en el sistema de barrancas, el escaso número de habitantes en la región, ejerce como consecuencia poca presión sobre su ambiente, pero no solo eso, también es claro que las comunidades favorecen con sus acciones la recuperación del medio, lo cuidan, lo administran y lo respetan. La forma mediante la cual la sociedad se vincula con los diferentes ambientes, es a través de su cultura.

Como se indicó a lo largo del capítulo, casos como el de las barrancas del sur del Estado de México posibilitan utilizar casos de estudios de índole local para caracterizar los componentes principales de un sistema socioecológico. El análisis de la retroalimentación al interior del sistema de barrancas explica que las interacciones hombre-naturaleza son importantes para mantener la resiliencia de dicho sistema a presiones externas, como los cambios de uso de suelo o la variabilidad climática. En este sentido, las secciones de diversidad y conectividad ejemplifican que tanto el medio natural como el social son productos directos de los patrones de conexiones complejas entre diferentes elementos del Sistema Socioecológico.

El sistema de barrancas utilizado como caso de estudio es relevante para entender mejor los componentes socioecosistémicos, debido a que es un espacio geográfico con características propias, en ocasiones únicas, sobre la funcionalidad tanto ecológica como social del territorio. Las barrancas representan espacios prioritarios para la conservación ecológica y, paradójicamente, para el desarrollo de las comunidades que las habitan. Esta característica representa una ilustración que indica que la resiliencia de los Sistemas Socioecológicos es vinculatoria entre lo social y lo ecológico; entre lo humano y lo natural.

5 Con base en las cartas topográficas, editadas por el INEGI, escala 1: 50 000, la utilización del altímetro y los recorridos realizados por diversos puntos de la comunidad, los terrenos que conforman Progreso Hidalgo se encuentran en la cota correspondiente a los 1,700 msnm. La pendiente desciende en forma longitudinal de norte a sur sobre terrenos planos, que terminan gradualmente en las barrancas. Hacia la parte sur del ejido y en los ríos, la altitud es variable, pero en promedio se registran 1,650 msnm.

Referencias

- Arnold Cathalifaud, M., y Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio.
- Balvanera, P., y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. Gaceta ecológica, pp. 8-15.
- Canales, V. M. (2006). Evaluación ambiental de un sistema de barrancas: Progreso Hidalgo, UAEM, Toluca, Estado de México.
- Castillo, V. L., y Velázquez, T. D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. Quivera, pp. 11-32.
- De Bolos, M. (2000). Manual de ciencia del paisaje. La Habana, Cuba.
- Escalera Reyes, J., y Ruíz Ballesteros, E. (2011). Resiliencia Socioecológica: aportaciones y retos desde la Antropología. Revista de Antropología Social, pp. 109-135.
- García, E. (1986). Modificaciones a la clasificación climática de Köeppen. UNAM, Mexico.
- García, R. (2009). Sistemas complejos. Gedisa, Barcelona.
- Gerald, G. M. (2001). Human Ecology: Basic Concepts for Sustainable Development. Earthscan Publications. p. 256.
- Gliessman, S. R. (2001). Agroecosystem Sustainability, Developing Practical Strategies. s/d, Lybrary of Congress, E.U.A.
- Gutiérrez Cedillo, J. G., Balderas Plata, M. Á., y Antonio Némiga, X. (2015). Los Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL) desde un enfoque geográfico, el caso de un proyecto de Turismo Gastronómico Tradicional Rural Local al sur del estado de México. UAEM, Toluca, Estado de México.
- IGECEM. (1993). Panorámica Socioeconómica del estado de México. Gobierno del Estado de México, Toluca.
- INEGI. (2002). Síntesis Geográfica del Estado de México. Aguascalientes: INEGI.
- Juan, P.J. (2000). Progreso Hidalgo. Dunken, Buenos Aires.
- , (2007). Multifuncionalidad de los sistemas de barrancas en México. Dunken, Buenos Aires.
- , (2013). Manejo de recursos naturales y procesos agrícolas para el turismo rural campesino en un ejido de transición ecológica de México. Pasos. Revista de turismo y patrimonio, pp. 327-342.
- Lebgue, T., Sosa, M., y Soto, R. (2005). La flora de las Barrancas del Cobre, Chihuahua, México. Ecología Aplicada, pp. 17-23.

Magadán Revelo, L. D., Hernández Juárez, M., Escalona Maurice, M. J., Fernández Ordóñez, Y. M., y Aguilar Ibarra, A. (2015). Mar y sociedad: algunas consideraciones importantes para el fortalecimiento de los socioecosistemas marinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, pp. 119-124.

Mateo, J. R. (2011). *Geografía de los paisajes, Paisajes naturales*. Félix Varela, La Habana.

Montes, C. (2007). Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas*, pp. 1-3.

Odum, E. P. (1972). *Ecología*. Interamericana, México.

Ortiz Blanco, A. M. (2012). Autoconciencia, ciencia y filosofía en la relación hombre-naturaleza. *Omnia*, pp. 63-76.

Osorio, C. (2005). La participación pública en sistemas tecnológicos. Lecciones para la educación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 159-172.

Pérez Alcántara, B. D., y Canales Vega, M. D. (2007). Multifuncionalidad de la Familia Campesina en una comunidad del sur del estado de México. *Actas de Varsovia*, pp. 1-20.

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

Trinca Figuera, D. (2010). ¿Geografía o gestión ambiental? *Revista Geográfica Venezolana*, pp. 5-7.

UNAM. (1989). *Diccionario geomorfológico*. UNAM, México.

Verón, E. M. (2015). Transformación y funcionalización del Socioecosistema Litoral Norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, pp. 91-117.

---, y Barragán M, J. M. (2015). Transformación y funcionalización del Socioecosistema Litoral Norte de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, pp. 91-117.

Vilchis Onofre, A. (2015). Los sistemas de barrancos del sur del estado de México: análisis geográfico. UAEM, Toluca.

5. Análisis del sistema socioecológico nevado de Toluca: una aproximación multimetodológica

Cristina Berenice Monsalvo Jiménez

Doctorado en Ciencias Agropecuarias

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Angel Rolando Endara Agramont

Profesor-Investigador

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Eufemio Gabino Nava Bernal

Profesor-Investigador

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Martha Mariela Zarco González

Profesor-Investigador

Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas

Universidad Autónoma del Estado de México

Francisco Javier García Monroy

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Leticia Bermúdez Rodríguez

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Sandra Sanjuanero Poblano

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Universidad Autónoma del Estado de México

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas de ecosistemas forestales son fuertemente impactados por las actividades humanas, como la agricultura, ganadería, extracción forestal, entre otras, que repercute directa o indirectamente, sobre el bienestar humano, debido a que afecta el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios ambientales importantes para la sociedad (Rands, *et al.*, 2010).

En el presente capítulo se considera el análisis del Sistema Socioecológico (SSE) Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), debido a su capacidad de captación de agua, que abastece a la Ciudad de Toluca, su zona metropolitana y parte del Valle de México, entre otros servicios ecosistémicos (CONANP, 2013). Con la teoría de SSE se identifican los sistemas sociales y los sistemas naturales como una unidad integrada, de transformación continua desde un enfoque espacial y temporal.

El APFFNT ha sufrido dos transformaciones importantes en la forma de identificar esta área, primero se categorizó como Parque Nacional debido a su belleza escénica, valoración científica, educacional, recreativa y por su capacidad para el desarrollo turístico, sin embargo, esta categoría no era compatible con la tenencia de la tierra (LGEEPA, 2016). La nueva categoría: Área de Protección de Flora y Fauna busca la conservación ambiental, así como involucrar a las comunidades ejidales y comunales. El decreto prohíbe nuevos asentamientos humanos, explotación forestal, cacería ilegal y otras actividades que son la causa del deterioro ambiental.

El análisis se realizó a partir de tres principios de resiliencia propuestos por Biggs y colaboradores (2015), siendo éstos: la conectividad, la diversidad y redundancia, así como la retroalimentación y las variables lentas y rápidas. En este capítulo, se establece el marco teórico para entender la relación existente entre el componente social y ecológico en el APFFNT, considerando la importancia de este ecosistema como proveedor de servicios ambientales. Se identifica la dinámica de transformación del ecosistema forestal y la influencia del sistema social.

Con respecto a la conectividad en el APFFNT determinada por el uso, el manejo, investigación y actividades recreativas de los recursos naturales del ecosistema forestal, se identificaron los nodos de conexión del sistema social y ecológico, se consideran importantes las interacciones que existen entre las instituciones educativas y las instancias gubernamentales que profundizan en el reconocimiento de los servicios ambientales del APFFNT, aunque falta coordinar esfuerzos para el adecuado manejo de estos recursos naturales.

La diversidad forestal se abordó por su heterogeneidad en términos de especies y ecosistemas forestales y también por elementos sociales de las comunidades asentadas en el APFFNT que utilizan estos recursos como una forma de subsistencia. Esta diversidad se identificó, de acuerdo con Stirling (2007), utilizando tres aspectos interrelacionados entre sí: variedad, balance y disparidad.

Además, se analizó la variable lenta (la tenencia de la tierra) y la variable rápida (cambio uso del suelo), que contribuyen a la configuración del Sistema Socioecológico del APFFNT.

Marco teórico

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) se consideran como Sistemas Socioecológicos (SSE) (Berkes y Folke, 1998) debido a que existe una interrelación compleja de dos subsistemas: el ecológico y el social (Resilience Alliance, 2010). Estas áreas son importantes porque ofrecen a las comunidades servicios ecosistémicos de provisión (alimentos, combustibles, agua, maderas y fibras); de regulación (climática, purificación de agua y regulación de enfermedades); de soporte (ciclo de nutrientes, formación de suelo y producción primaria); y cultural (espiritual, educativa y recreativa) (MEA, 2005). Por esto mismo, las ANP fueron creadas para conservar y preservar los ecosistemas (SEMARNAT y CONANP, 2016).

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en su artículo 46, incluye las categorías de las ANP; las de competencia Federal son: reserva de la biosfera, parque nacional, monumento natural, área de protección de recursos naturales, área de protección de flora y fauna, santuarios y áreas destinadas voluntariamente a la conservación. Las actividades permitidas en las ANP son las relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación (LGEEPA, 2016).

Las ANP difieren entre ellas como se menciona a continuación: Las reservas de la biosfera son aquellas regiones donde habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, tienen un sistema más restringido, en las áreas núcleo, se excluye la presencia humana, excepto para actividades de investigación; en las áreas de amortiguamiento, las actividades productivas son aceptadas siempre y cuando las realicen las comunidades que habitan en la zona (LGEEPA, 2016).

Los parques nacionales son aquellas áreas que presentan belleza escénica, valor científico, educativo, de recreo y por su aptitud para el desarrollo del turismo, en esta zona se permite la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales (LGEEPA, 2016).

Los monumentos naturales se establecen en áreas que contienen uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales. Estos monumentos no presentan la variedad de los ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo (LGEEPA, 2016).

Las áreas de protección de recursos naturales, son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías previstas por la legislación (LGEEPA, 2016).

Las áreas de protección de la flora y la fauna son aquellos lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres. En estas áreas se permite la realización de actividades relacionadas con la repoblación, propagación, aclimatación y refugio. En esta zona se autoriza el

aprovechamiento de los recursos naturales sólo para las comunidades residentes (LGEEPA, 2016).

Los santuarios son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas. Las actividades de aprovechamiento no extractivo quedan restringidas a los programas de manejo (LGEEPA, 2016).

Las áreas destinadas voluntariamente a la conservación son aquellas que presentan cualquiera de las características señaladas en las anteriores categorías (LGEEPA, 2016).

Para entender a los SSE es preciso identificar los procesos que determinan el uso, regeneración, conservación y destrucción de los recursos naturales. Las relaciones existentes entre los sistemas sociales y biológicos provoca que, si alguno de los dos componentes sufre alguna transformación, el otro también será afectado, de manera positiva o negativa (McGinnis y Ostrom, 2014).

Por ejemplo, en un ecosistema forestal, los bioelementos están contenidos en compartimentos, como: en la biomasa forestal, herbácea y subterránea; en la hojarasca acumulada (mantillo) y en la reserva húmica del suelo (humus) (Gallardo, 2002). Estos nutrientes, se mueven en la biosfera de un compartimiento a otro. La dinámica de transformación está regulada por las entradas (meteorización de la roca madre, fijación de nitrógeno, aportes atmosféricos y transferencia por biota), el flujo de nutrientes entre plantas y suelo, (absorción radicular y foliar, abscisión de hojas y descomposición), y las salidas de nutrientes del ecosistema (lixiviación, escorrentía, transferencia por biota y explotación de recursos) (Imbert, *et al.*, 2004).

Las entradas y salidas de nutrientes están en constante equilibrio; el reciclaje eficiente de nutrientes que pasan del suelo a la biomasa y viceversa, permite el crecimiento de los bosques, sin embargo, el ciclo sufre trastornos cuando se extraen grandes cantidades de biomasa, alterando este proceso y reconfigurando el sistema (Sánchez y Palm, 1996). Aunque los procesos básicos del ciclo de nutrientes son comunes en todos los ecosistemas, las velocidades de los procesos varían de un ecosistema a otro (Imbert, *et al.*, 2004), en ecosistemas forestales templados, la velocidad de transformación por humificación o meteorización será lento debido a las bajas temperaturas, mientras que en zonas tropicales este proceso es más rápido (Lamprecht, 1990).

Al alterar la dinámica de los bosques, el SSE auto-organiza su configuración o régimen, cada tipo de configuración provee un conjunto de servicios ecosistémicos con distintos usos y consecuencias para diferentes usuarios, si los límites críticos del sistema, demarcados por las variables lentas, son excedidos, se pueden originar cambios de regímenes, así como cambios en los procesos de retroalimentación dominantes (Biggs *et al.*, 2015).

Dentro de la jerarquía de los sistemas sociales, los diferentes grupos de individuos u organizaciones que lo conforman tienen diferentes percepciones o visiones sobre cuál es el estado deseado del SSE. De tal manera que cualquier toma de decisiones relativa a la gestión de los

servicios de los ecosistemas, afecta a la estructura y funcionamiento tanto de los ecosistemas, como de los sistemas sociales (Abasolo, 2006).

Por ejemplo, en la obtención de los alimentos, a través de la evolución social de la humanidad y de su dispersión espacial, se desarrollaron diversos sistemas o complejos tecnológicos para conseguir la subsistencia. La obtención de los alimentos es, probablemente, la actividad social y cultural que pone más en contacto a los seres humanos con su ambiente (Berdichewsky, 2002).

Investigaciones referentes a las variables de los SSE (Gunderson y Holling, 2002; Norberg y Cumming, 2008, citados por Biggs *et al.*, 2015: 109), “concluyen que los procesos de las variables lentas establecen la forma de estructura del SSE, mientras que la dinámica del sistema surge de las retroalimentaciones e interacciones de variables rápidas en respuesta a las condiciones creadas por las variables lentas”.

El mecanismo de retroalimentación del sistema puede ejemplificarse a través de un ecosistema fluvial: El cauce del río por sí mismo influye en el caudal, en la corriente y en la formación de remolinos. Por consecuencia, a través del proceso de remoción, asentamiento y vaciamiento de lodos, el caudal puede ser modificado, alterando el cauce del río original. La estructura determina los procesos directa e inmediatamente (variable rápida), mientras que los procesos (variable lenta) pueden modificar la estructura a través del tiempo y de forma paulatina (Pretzsch, 2009).

La estructura forestal puede ser considerada como elemento clave dentro del sistema. La transición de las plantas entre categorías diamétricas ocurre durante periodos prolongados de tiempo, y la forma de los árboles en las categorías mayores tiene influencia directa en el crecimiento de las plántulas y vegetación de sotobosque; el tamaño de la copa, la ramificación y el desarrollo del sistema radicular afectan a los procesos como la absorción de luz, la evapotranspiración, temperatura, infiltración de agua, fotosíntesis y el intercambio de gases que tienen repercusiones en el crecimiento vegetal y la fauna del lugar. En consecuencia, la estructura forestal determina la competencia entre individuos y juega un papel central en el renuevo del recurso (Pretzsch, 2009).

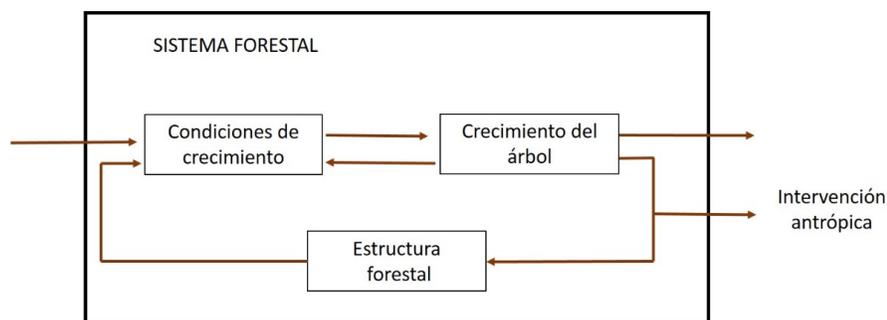


Figura 1. Cadenas de retroalimentación que determinan la dinámica de la estructura forestal. Adaptado de: Pretzsch 2009: 226.

De acuerdo con Pretzsch (2009), para el sistema forestal, existen dos cadenas de retroalimentación diferenciadas por el tiempo de influencia; la primera (crecimiento del árbol ---

condiciones de crecimiento --- crecimiento del árbol) que ocurre de manera relativamente rápida, sucede por ejemplo, cuando los árboles influyen en las condiciones de crecimiento de sus vecinos de categorías menores, a través de sus actividades fisiológicas, modificando la humedad y el contenido de carbono en la atmósfera debido a la evapotranspiración.

La segunda cadena de retroalimentación (crecimiento del árbol --- estructura forestal --- condiciones de crecimiento --- crecimiento del árbol), ocurre de manera lenta cuando los árboles influyen en otros a través de procesos que pueden generar cambios en la misma estructura forestal. Por ejemplo, las oportunidades de desarrollo de un árbol creciendo bajo condiciones óptimas de luz, son mejores comparadas con un árbol establecido en zonas sombreadas. El paso entre categorías diamétricas del árbol a través del tiempo, modificará la estructura del rodal, afectando la distribución espacial de los árboles vecinos.

Las actividades silvícolas como la poda de ramas bajas para evitar dispersión del fuego, el raleo para controlar la densidad del bosque, remoción de suelo para favorecer la germinación, actividades culturales para control de plagas, así como la aplicación de agroquímicos, pueden modificar la estructura forestal y afectar las condiciones de crecimiento como la disposición de luz solar, disponibilidad de agua y el ciclo de reciclaje de nutrientes en suelo (Pretzsch, 2009).

El crecimiento de los árboles, o dicho de otro modo, el proceso por el cual los árboles cambian de categorías diamétricas, puede considerarse como variable lenta del sistema, y acorde a Walker, *et al.*, (2012) (citado por Biggs *et al.*, 2015: 109) “las variables lentas controlan la configuración del sistema, por lo tanto, las presiones que generan cambios en sus procesos, pueden exceder los umbrales o límites críticos del sistema”.

Métodos

En el presente capítulo se realizó el análisis del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), considerándolo como un Sistema Socio-Ecológico (SSE). El APFFNT se localiza en el Estado de México y alcanza una superficie de 53,590 hectáreas y comprende los municipios de Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zinacantepec (CONANP, 2013).

Esta área fue decretada, el 25 de enero de 1936, como Parque Nacional, y modificada el 19 de febrero de 1937 para establecer una reserva forestal nacional dentro del parque. La última modificación fue el 1 de octubre de 2013, cambiando a la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (CONANP, 2013).

El análisis del APFFNT como un SSE, partió de tres principios de resiliencia propuestos por Biggs *et al.*, (2015), siendo: conectividad; diversidad y redundancia; retroalimentación y variables lentas. Además, se realizó una revisión bibliográfica a partir de libros, revistas científicas, tesis y páginas web de las investigaciones realizadas en el APFFNT, para documentar la información registrada.

Conectividad

Se ilustra la conectividad en el APFFNT determinada por el uso de los recursos naturales del ecosistema forestal; este análisis puede ayudar empíricamente a identificar los patrones que influyen en la resiliencia de este SSE.

Conectividad en el APFFNT organizada en una estructura azarosa

Las comunidades del APFFNT, tienen un estrecho vínculo con los ecosistemas forestales, debido a su cercanía y a los beneficios que obtienen de los sistemas como los servicios ambientales, a pesar de encontrarse alejadas de las regiones de mayor actividad económica, como el Valle de Toluca. Considerando la definición de conectividad (Biggs *et al.*, 2015), las partes sociales que conforman el sistema de socio-ecológico del APFFNT (denominado nodos de conexión) son:

- 1) Comunidades locales (un total de 16 localidades entre ejidatarios y comuneros)
- 2) Instituciones educativas (UAEMex, UNAM, UAM)
- 3) Dependencias Federales: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- 4) Instancias estatales: Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE)
- 5) Turistas provenientes de diferentes partes de la República Mexicana

Además, para complementar los nodos de conexión del SSE, se presentan los recursos que constituyen la parte ecológica, los cuales se dividen en recursos forestales maderables, que están constituidos por la vegetación leñosa. Estos recursos se utilizan con fines domésticos o comerciales:

- * Bosque de oyamel
- * Bosque de pino
- * Bosque de encino
- * Bosque de aile
- * Bosque mixto

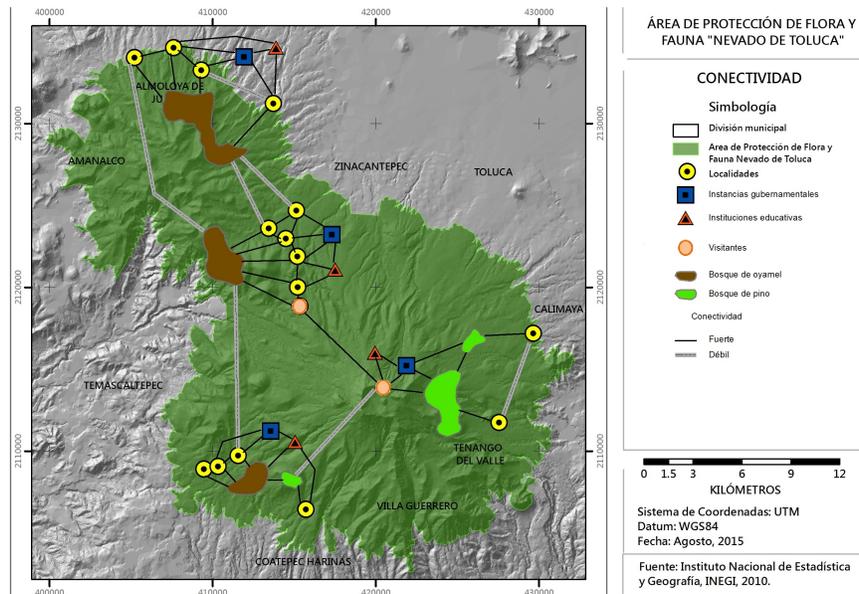
Los recursos forestales no maderables son la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal. En algunos casos, estos recursos generan ingresos al interior de las familias y algunos son parte importante en la dieta alimenticia:

- * Hongos silvestres

- * Perilla
- * Tierra de monte
- * Plantas medicinales

La estructura de conexión entre la parte social y ecológica es de tipo azarosa, porque cada nodo tiene en promedio el mismo número de enlaces a otros nodos (Biggs *et al.*, 2015). En la figura 2, se ilustran las interacciones entre la parte social y ecológica que pueden influir en la resiliencia del SSE. Las localidades cercanas entre sí, se considera que presentan una fuerte conectividad entre ellas, aunque falta realizar investigaciones al respecto para identificar la interacción de las comunidades (figura 2, símbolo círculo amarillo).

Por ejemplo, en estas condiciones naturales de alta montaña, la población adoptó formas de vida específicas en el entendido de que el APFFNT cuenta con una gran diversidad florística y sus habitantes la aprovechan para satisfacer diversas necesidades, entre las que destacan los usos para: construcción, combustible, alimenticio, ornamental y medicinal, entre otros (Anastacio, 2014). El sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino, el cual representa una fuente de ingresos para la población local tanto por la venta de animales como por el alquiler de tierras de pastoreo, sin embargo, esta actividad dificulta el desarrollo de los renuevos del bosque (Abasolo, 2006).



Mapa 1. Ilustración de las conexiones tipo de interacciones en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

El APFFNT es una Área Natural Protegida de carácter Federal, esta área es administrada por algunas instancias gubernamentales como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y

Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y la protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), las cuales colaboran en la tarea de vigilancia y protección del ANP (Figura 2, se representa con un cuadrado azul)

Las instituciones educativas juegan un papel importante en el aporte de conocimiento del SSE, investigaciones que incluyen obras de control de erosión, restauración forestal, identificación de plagas y enfermedades, determinación taxonómica de las especies forestales, herbáceas y arbustivas, entre otras, que profundizan en el reconocimiento de los servicios ambientales del APFFNT para el adecuado manejo de estos recursos naturales (CONANP, 2013) (Figura 2, se simboliza con un triángulo anaranjado).

Los visitantes provenientes de diferentes partes de la República Mexicana acuden al APFFNT, debido al principal atractivo del área que es el cráter del Nevado de Toluca. La comunidad local ha intervenido en la administración de los recursos naturales y su aprovechamiento con fines recreativos, como una alternativa para allegarse de recursos económicos que les permitan subsistir. De esta forma, el ejido de San Juan de las Huertas realiza la gestión actual del Parque Estatal Los Venados (Figura 2, representado en círculo anaranjado).

Los ecosistemas forestales del APFFNT, son los principales proveedores de servicios ambientales del Valle de Toluca, por lo tanto, existe una conectividad del recurso natural con la comunidad local y circunvecina, así como de aquellas dependencias gubernamentales que contribuyen al manejo de la zona (CONANP, 2013) (Figura 2, representado por polígonos verde y café).

Diversidad y redundancia

La diversidad forestal puede ser abordada, en esencia, por su heterogeneidad en términos de especies y ecosistemas forestales. Asimismo, también por elementos sociales de las comunidades asentadas en el APFFNT. De acuerdo con Stirling (2007), se puede identificar la diversidad del SSE a través de tres aspectos interrelacionados entre sí: variedad, balance y disparidad.

Variedad del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

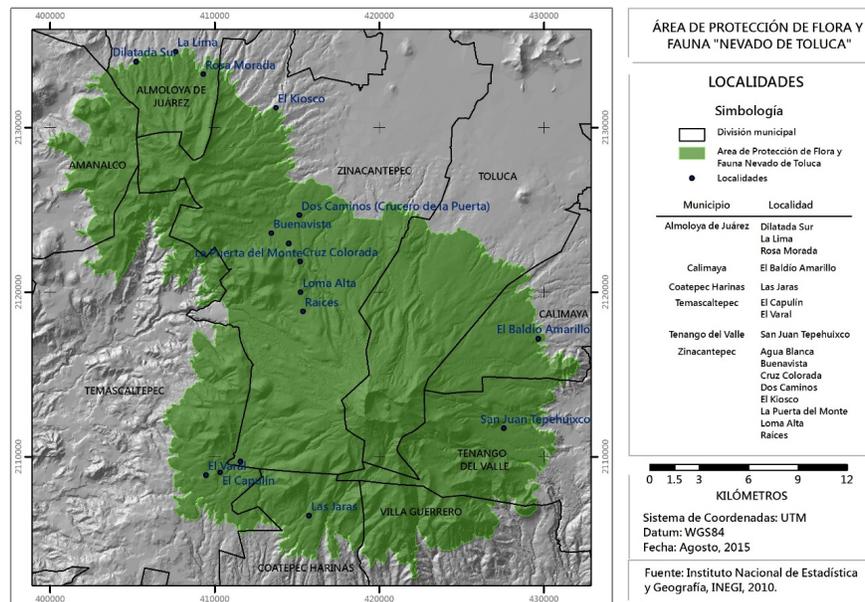
Los bosques de clima templado establecidos en el APFFNT por encima de los 3,000 msnm, se conforman por extensas poblaciones monoespecíficas de *Pinus hartwegii*, bosques mixtos de *P. pseudostrobus* y *Abies religiosa*, pequeños bosques aislados de *P. montezumae*, bosques mixtos y monoespecíficos de *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis* y *Quercus laurina* (Endara, *et al.*, 2011). De acuerdo a lo anterior, la variedad de poblaciones conformadas por bosque es de cuatro tipos: Pino, Oyamel, Aile y Encino.

Asimismo, la variedad del sistema social se identifica por las 16 localidades dentro del APFFNT (Figura 3), quienes usan los recursos naturales como una forma de subsistencia. El recurso forestal es generador de ingresos, ya que no sólo es con fines de abastecimiento doméstico

(material para construcción de viviendas y autoconsumo) (Endara, *et al.*, 2012), sino también con fines comerciales, como lo documenta Anastacio (2015), en donde la extracción de perlilla es una de las principales actividades económicas para las familias.

Para el caso de los hongos algunas personas implementaron estrategias de almacenamiento para su consumo posterior por medio del secado natural (Franco y Burrola, 2010). Además es necesario contar con el conocimiento y experiencia para identificar aquellos que por su forma y sabor son susceptibles de ser utilizados como alimento. Por ejemplo, para la comunidad Dilatada Sur, la recolección de hongos representa una actividad económica, donde la organización entre los miembros de la familia es indispensable (Franco y Burrola, 2010).

Los bosques de Oyamel presentan condiciones favorables para el establecimiento de diferentes especies, entre éstas, los denominados recursos forestales no maderables, como: la perlilla, el musgo y los hongos silvestres (Franco y Burrola, 2010).



Mapa 2. Localidades asentadas dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Otra actividad económica es la agropecuaria, el cultivo de cereales y tubérculos es una fuente importante de ingresos, la producción de forraje que durante la temporada invernal alimenta el ganado. Sin embargo, la variabilidad en el clima y el incremento de eventos extremos inciden sobre la producción agrícola, debido a que los agricultores, año con año, modifican su calendario agrícola, además, el desarrollo de plagas resistentes a los agroquímicos, genera elevados costos. La variedad de bosques presentes en el APFFNT permite a las comunidades del mismo a obtener los medios de subsistencia familiar.

Balance del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

El balance para bosques de pino es el menor de todos, a pesar de conformar tres tipos de asociaciones (*pino-encino*, *pino-aile* y *pino-oyamel*), se establecen bosques monoespecíficos, siendo su densidad de 336 árboles por ha, seguido por los bosques de Aile (*Alnus jorullensis*), que también presenta tres tipos de asociaciones (*aile-pino*, *aile-oyamel* y *aile-encino*), y como especie pionera, se establece en zonas perturbadas llegando a densidades de 572 árboles por ha. (Endara, *et al.*, 2011).

Después se encuentran los bosques de Oyamel (*Abies religiosa*), con dos asociaciones (*oyamel-pino* y *oyamel-aile*) estableciéndose con *P. pseudostrobus*, presenta gran diversidad de especies en sotobosque y tiene una densidad de 637 árboles por ha. Finalmente, los bosques de encino, (*Quercus laurina*) con dos asociaciones (*encino-pino* y *encino-aile*), tienen un balance mayor que los bosques mencionados, ya que se establece con *Pinus ayacahuite* (14 por ha), y *Cupressus sp.* (6 por ha), llegando a densidades de 758 árboles por ha (Endara, *et al.*, 2011).

Disparidad del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

La disparidad entre las especies forestales del APFFNT, (*Pino*, *Oyamel*, *Aile* y *Encino*) radica en las estrategias de crecimiento, establecimiento y adaptación; por ejemplo: el *P. hartwegii*, es una especie adaptada a condiciones de frío y se puede establecer a alturas superiores a los 4,000 msnm (Wilhem, 1978; Eguiluz, 1978; Campos, 1993), conformando el límite superior altitudinal del APFFNT. El bosque de oyamel (*Abies religiosa*) se establece entre los 3,000 y 3,400 msnm, el *aile* (*Alnus jorullensis*) entre los 3,000 y 3,200 msnm, y el bosque de encino (*Quercus laurina*) entre los 3,000 y 3,100 msnm (Endara, *et al.*, 2011) conformando así los bosques a lo largo del gradiente altitudinal.

Otra diferencia en la estrategia de establecimiento es, por ejemplo: cuando los bosques de aile se desarrollan en zonas donde los pinares y encinares fueron perturbados o en áreas de cultivo abandonadas (Rzedowski 2005), por lo tanto, al ser especie pionera e invasora, los bosques de aile podrán incrementar su superficie. Esta especie es capaz de nitrificar el suelo, sin embargo, en las áreas de bosque de aile, realizan la producción de papa (cultivo que desnitrifica el suelo), por lo que el suelo es propicio para el establecimiento de pinares o encinares.

POR La disparidad de la interacción entre las comunidades y el ecosistema radica en el uso del recurso forestal. Por ejemplo, en el bosque de oyamel (*Abies religiosa*), se extraen grandes volúmenes de leña, debido a los múltiples usos, lo que podría disminuir las densidades de sus poblaciones, así como en el bosque de pino (*Pinus hartwegii*), donde se utiliza la madera con fines comerciales (Endara, *et al.*, 2012). La leña utilizada por las comunidades para autoconsumo no representa una amenaza para el recurso forestal; sin embargo, el comercio de madera (mueblería, carbón, construcción, postes, etc.) podría reducir la superficie forestal (Endara, *et al.*, 2012).

Retroalimentación y variables lentas

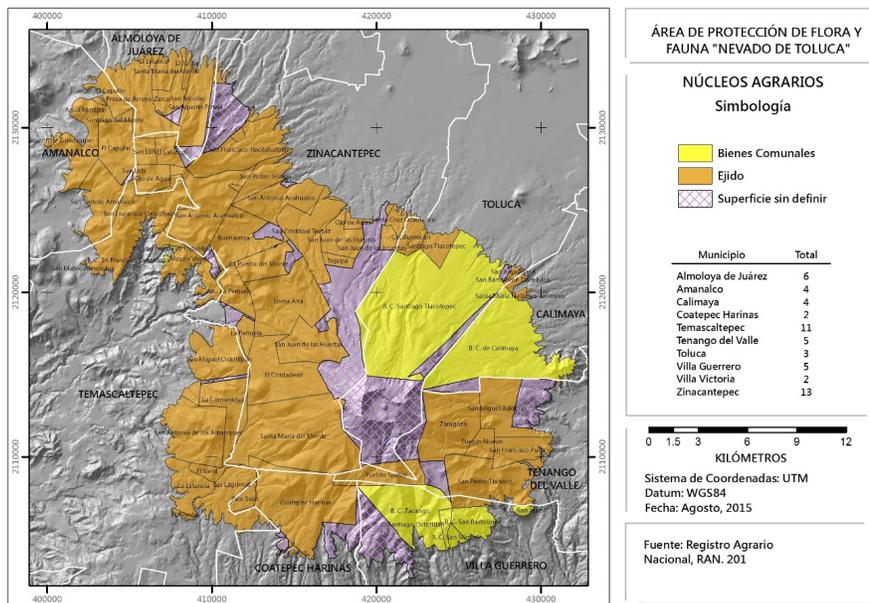
En este apartado se analiza la variable lenta, es decir, la tenencia de la tierra y la variable rápida, que en este caso es el cambio de uso del suelo, que contribuyen a la configuración del Sistema Socioecológico del APFFNT.

La tenencia de la tierra como variable lenta

El Sistema Socioecológico del APFFNT presenta en sus antecedentes históricos dos procesos de configuración territorial que modifican la forma de gestionar la tenencia de tierra: una se refiere a la reforma agraria y la otra a la política ambiental. Las condiciones legales y políticas de la propiedad de la tierra, se considera una variable lenta, debido a la transición paulatina que, desde el año 1539, después de la conquista española, el territorio en torno al Nevado de Toluca pasó a formar parte de la dotación de tierras (a manera de encomienda), constituyendo de esta manera las haciendas y que, posteriormente, con la Ley Agraria (1915), se realizaron las reformas que marcaron el inicio de la cesión de terrenos con las cuales se establecieron los núcleos agrarios: ejidal y comunal (Anastacio, *et al.*, 2014).

El APFFNT comprende una superficie de 53,590 hectáreas que conforman el Área Natural Protegida, 45,101 hectáreas corresponden a propiedad social (ejidal y comunal). En la figura 3, se observan los bienes comunales y ejidales que representan aproximadamente el 18% y 67% del total de la superficie del ANP respectivamente, el porcentaje restante corresponde a superficie sin definir, que se divide en propiedad privada y federal (SEDATU, 2011). Los municipios de Toluca, Calimaya y Villa Guerrero son los únicos que cuentan con bienes comunales.

La tenencia de la tierra se considera una variable lenta debido a que presenta un cambio gradual en comparación con la variable rápida (cambio de uso de suelo). Esta variable lenta puede afectar los servicios ecosistémicos a través de cambios graduales que determinan la estructura del SSE. Por ejemplo, la tenencia de la tierra cambiará a propiedad privada y las políticas públicas modificarán el estatus de conservación del ANP, lo que provocaría que el sistema se desplazara a otra configuración, es decir, se realizaría el cambio de uso de suelo, ya sea comercial, habitacional o zonas ecoturísticas, que tendrían un impacto en los servicios ecosistémicos, deterioro ambiental y pérdida de germoplasma al disminuir la cobertura forestal.



Mapa 3. Núcleos agrarios del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (SEDATU, 2011).

La retroalimentación acontece cuando existe un cambio en una variable en particular del SSE. La retroalimentación se considera de dos tipos: positiva (cambios del mismo tipo) y negativa (si los efectos son sofocados en similares cambios) (Biggs *et al.*, 2015). En el APFFNT la retroalimentación positiva se realiza en la extracción ilegal de especies maderables para fines comerciales realizados por actores locales y externos, procesos que disminuyen la cobertura vegetal, ocasionan la reducción de los caudales de agua, la fertilidad del suelo y facilitan las inundaciones (Acuña 2006), sin embargo, la retroalimentación negativa, integrada por cuestiones de política ambiental que evita este tipo de extracciones a través de sanciones económicas, permite que el sistema mantenga su configuración actual, sin embargo, la falta de vigilancia provoca la tala clandestina que conlleva a la pérdida del bosque.

Cambio de uso del suelo como variable rápida.

Los cambios generados en los usos del suelo están determinados por las decisiones en el sistema social (político y económico), que afectan directamente la dinámica del SSE APFFNT generando conflictos y desigualdades sociales en el uso y gestión de servicios ambientales. La tenencia de la tierra (ejidal y comunal) y la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (zona de amortiguamiento), permite el cambio de uso de suelo de forestal a pastizal, agrícola y pecuario, por lo que se considera una variable rápida ya que, como se mencionó en el apartado anterior, al entrar en vigor la Reforma Agraria, las haciendas fueron fragmentadas, dando origen a los ejidos y a las tierras comunales, por lo tanto, la tenencia de la tierra permitió los cambios de uso del suelo.

Por ejemplo: La Peñuela (localidad dentro del ANP), en sus inicios era una ranchería y los habitantes se dedicaban al pastoreo extensivo de ganado bovino; posteriormente se enfocaron a las actividades agrícolas de cultivos comerciales de riego, principalmente papa y flores de ornato. Además, usaban los recursos naturales como parte de sus ingresos familiares (Anastacio, *et al.*, 2014).

A través del tiempo, la configuración del APFFNT fue modificando la estructura del sistema socio-ecológico; de acuerdo al análisis comparativo de la densidad de la cobertura forestal y el cambio de uso del suelo para los años 1972 y 2000, se observó la disminución de la cobertura forestal en los bosques de pino, latifoliadas (encino y aile) y oyamel, debido a la extracción intensiva con fines comerciales. Esta pérdida de zonas forestales densas, así como la disminución de áreas agrícolas, ha permitido el incremento de otros usos (pastizales y matorrales) y áreas con menor densidad (Franco, *et al.*, 2006). El estudio realizado por Cruz y colaboradores (2012), indicó que el cambio de uso de suelo de bosque a cultivo disminuye la biomasa microbiana, transformando el SSE.

La configuración del SSE se desplaza por el cambio de uso de suelo ejemplo de esta modificación se observó en el parque ecológico Ejidal de Cacalomacán que se encuentra ubicado dentro del APFFNT. A principios del siglo XX se generó el cambio de uso de suelo de forestal a

agropecuario; posteriormente, en los 80, se realizó la reforestación con especies de pino, eucalipto y ciprés, dando como consecuencia un bosque secundario de coníferas, sin embargo, aún se mantiene la agricultura de temporal (cultivos de avena, haba y papa) (Sánchez-Jasso, 2012).

Conclusiones

El análisis del sistema socio-ecológico APFFNT debe ser integrador, es decir, estudiar sus componentes como un todo, considerando las interacciones entre los componentes, e identificando aquellos mecanismos o procesos que controlan al sistema.

La estructura de conexión entre la parte social y ecológica es de tipo modular. En la interacción intervienen diferentes actores sociales, los cuales cada uno influye en la resiliencia del SSE. Las comunidades cercanas entre sí y que utilizan los recursos naturales a su alcance, se considera que establecen conexiones fuertes. Cabe señalar que para corroborar las interacciones existentes, se deben realizar trabajos de investigación a mayor profundidad. En la interacción intervienen diferentes actores sociales, los cuales cada uno influye en la resiliencia del SSE. Se considera que las comunidades que se localizan cercanas entre sí, presentan una fuerte conectividad entre ellas, aunque falta realizar investigaciones al respecto para identificar qué tipo de interacciones existen entre estas comunidades.

La población que habita en el interior del APFFNT, se beneficia de los servicios ecosistémicos; entre los usos se encuentran: material para construcción, combustible, alimenticio, ornamental y medicinal, entre otros. El sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino, sin embargo, estas actividades modifican la configuración del SSE, aunque los umbrales no han sido excedidos, la retroalimentación negativa coadyuva a que el sistema se mantenga como una área conservada.

En el APFFNT la retroalimentación positiva se identificó como la extracción ilegal de especies maderables para fines comerciales realizado por actores locales y externos, proceso que disminuye la cobertura vegetal, la retroalimentación negativa, integrada por cuestiones de política ambiental que evita este tipo de extracciones a través de sanciones económicas, permite que el sistema mantenga su configuración actual.

La tenencia de la tierra es considerada como una variable lenta, debido a que presenta un cambio gradual pero significativo, y a que la configuración del sistema se modifica dependiendo del estatus social que influya en la regeneración del ecosistema.

A pesar de que se han realizado varios trabajos de investigación con referencia al APFFNT, existen vacíos de información que limitan el entendimiento de los factores de mayor influencia tanto del ecosistema forestal como de las poblaciones que dependen e interactúan con este sistema.

Referencias

Abasolo, V. (2006). Entre el cielo y la tierra: raíces, un pueblo de la alta montaña en el Estado de México. Tesis (Doctorado en Antropología Social). Universidad Iberoamericana.

Acuña, O. (2006). El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Un reto en el ámbito internacional. *Ra Ximhai*, 2(3), pp. 877-885.

Anastacio, N., Nava, G., y Franco, S. (2014). El desarrollo agropecuario de los pueblos de alta montaña. La Peñuela, Estado de México. *Economía, Sociedad y Territorio*. 14(45), pp. 397-418.

---, Valtierra, E., Nava, G. y Franco, S. (2015). Extracción de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) en el Nevado de Toluca. *Madera y bosques*. 21(2), pp. 103-115.

Berdichewsky, B. (2002). *Antropología Social: Introducción. Una visión global de la humanidad*. Santiago, Chile.

Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En Berkes, F. y Folke, C. (Eds.). (1998). *Linking social and ecological systems:*

management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido, pp. 1-26.

Biggs R., Gordon, L., Raudsepp, C., Schlüter, M. y Walker, B. (2015). Principle 3 – Manage slow variables and feedbacks. En Biggs R., Schulüter, M., y Schonn, M. (eds.). Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Cambridge University Press. Reino Unido, p. 311.

---, Schulüter, M., and Schonn, M. (eds.). (2015). Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Reino Unido.

Campos, J. (1993). Claves para la determinación de los pinos mexicanos, Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo.

CONANP, (2013). Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Área Natural Protegida del Parque Nacional Nevado de Toluca (en línea). Estado de México, México. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/EPJ-%20Nevado%20de%20Toluca%20Enero%202013.pdf> (Acceso 5 febrero 2016)

Cruz, A., Cruz E., Aguilera, L. I., Norman H. T., Franco, S., Nava, G., Dendooven L., y Reyes, B. G. (2012). La biomasa microbiana en suelos de montaña con diferentes usos: un estudio de laboratorio. Terra Latinoamericana. 30(3), pp. 221-228.

Eguiluz, P. T., (1978). Ensayo de la Integración de Conocimientos sobre el Género Pinus en México. Tesis (Licenciatura), División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Endara, A., Franco S., Nava B. y Valdez H. (2011). Estructura y Regeneración en Bosques Tropicales de Alta Montaña: El Caso del Parque Nacional Nevado de Toluca. En: Endara A. A. R., Mora S. A. y Valdez H. J. I. (Eds.) (2011). Bosques y Árboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos. Prometeo. Jalisco, México. pp. 2-19.

---, Nava, G., Franco, S., Espinoza, A., Ordóñez, J. y Mallén, C. (2012). Extracción de madera en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 3(11), pp. 81-90.

Franco, S. y Burrola, C. (compiladores). (2010). Los hongos comestibles del Nevado de Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México.

---, Regil, H., González, C. y Nava, G. (2006). Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. Investigaciones Geográficas. 61, pp. 38-57.

Gallardo, J. F. L. (2002). Reciclaje de Nutrientes en Ecosistemas: Aplicaciones Agronómicas. En Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SecSuelo). Conferencia llevada a cabo en el VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito.

Imbert, B., Blanco, J., Castillo, F. (2004). Gestión Forestal y Ciclos de Nutrientes en el Marco del Cambio Global. En Valladares, Fernando (Ed.) Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. [En línea]. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF. Madrid, España.

Disponible en: http://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cap17_-_gestion_forestal_y_ciclos_de_nutrientes_en_el_marco_del_cambio_global.pdf [Acceso 15 enero 2016].

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Eschborn, Alemania.

LGEEPA, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (2016). Sección II, Artículo 46, fracciones I a VIII. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, Distrito Federal, México.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. [Online]. Island Press. Washington, DC. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> [Acceso 11 de diciembre del 2015].

Mcginnis, M., and Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society* 19(2), p. 30.

Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield from measurement to model*. Freising, Alemania.

Rands, M. R. W., Adams, W. M., Bennun, L., Butchart, S. H. M., Clements, A., Coomes, D., Entwistle, A., Hodge, I., Kapos, V., Scharlemann, J. P. W., Sutherland, W. y Vira, B. (2010). Biodiversity Conservation: Challenges Beyond 2010. *Science*. 239, pp. 1298-1303.

Resilience Alliance. (2010). *Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners*. [Online] Disponible en: http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf [Accedded 11 diciembre 2015].

Rzedowski, Jerzy. (2005). *Vegetación de México*. Edición digital. Limusa. México.

Sánchez, J. (2012). *Estrategia para la conservación del Parque Ecológico Ejidal de Cacalomacán. Parque Nacional Nevado de Toluca*. Tesis (Maestría, Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales). Universidad Autónoma del Estado de México.

Sánchez, Pedro A. y Palm, Cheryl A. (1996). *Reciclaje de nutrientes y agrosilvicultura en África*. *Unasylyva* [en línea] Ed. 2 vol. 47 No. 185. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w0312s/w0312s06.htm> [Acceso 10 enero 2016].

SEDATU. (2011). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. PHIMA V3.0. Padrón e Historial de Núcleos Agrarios [en línea]. Disponible en: <http://phina.ran.gob.mx/phina2/> [Acceso 25 febrero 2016].

SEMARNAT y CONANP (2016). *Áreas Naturales Decretadas*. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/ [Acceso 23 marzo 2016].

Stirling, A. (2007). A general framework for analyzing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society Interface*. (4), pp. 707-719.

Toscana, A. y Granados R. (2015). Recategorización del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Política y Cultura* (44), pp. 79-105.

Wilhelm, Lauer. 1978. Timberline Studies in Central Mexico. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 10(2), pp. 383-396.

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

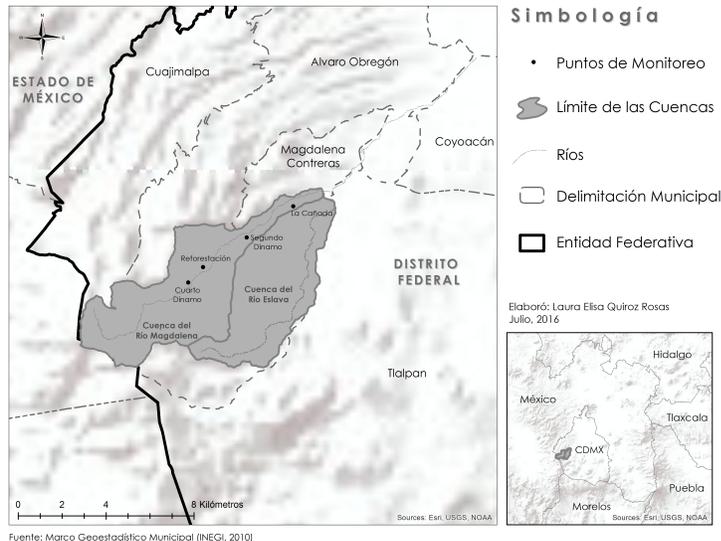
capital social, transferir conocimiento, mediante el trabajo con científicos, y empoderar, y fortalecer a las comunidades e instituciones locales. En este tipo de monitoreo lo principal es que los actores locales se apropien del proceso y, con base en los resultados, sea posible tomar decisiones fundamentadas 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).

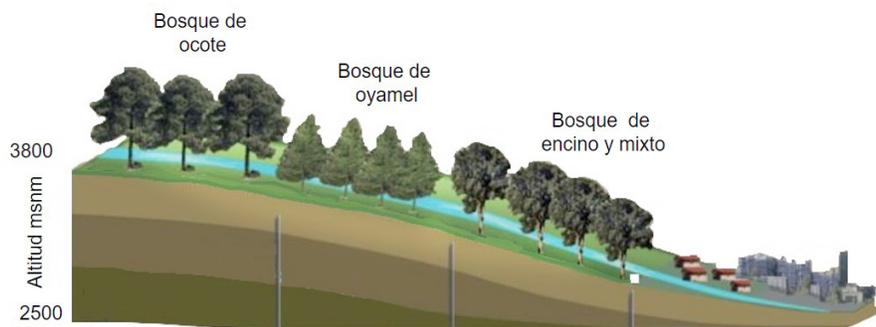


Figura 1. Perfil de vegetación de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Elaboración propia con base en Jujnovsky, *et al.*, 2012

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

ACTORES LOCALES	CARACTERÍSTICAS
Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic (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 organiza 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
AUTORIDADES LOCALES	
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
AUTORIDADES FEDERALES	
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
GRUPOS ACADÉMICOS	
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.

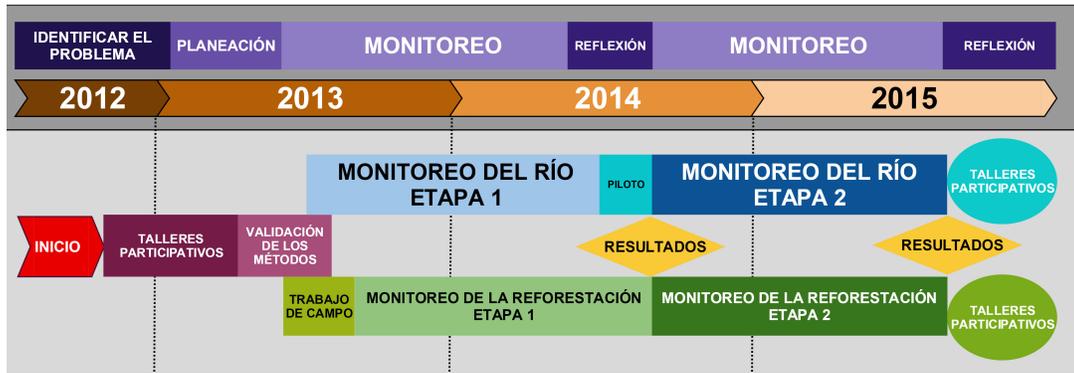
El Laboratorio ha participado en todo el proceso del monitoreo participativo y, junto con la Comunidad y los Comerciantes, apoya económicamente a los dos monitoreos. Finalmente, otros grupos académicos de la UNAM ayudaron en el diseño de las metodologías para ambos.

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.



Gráfica1. 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.

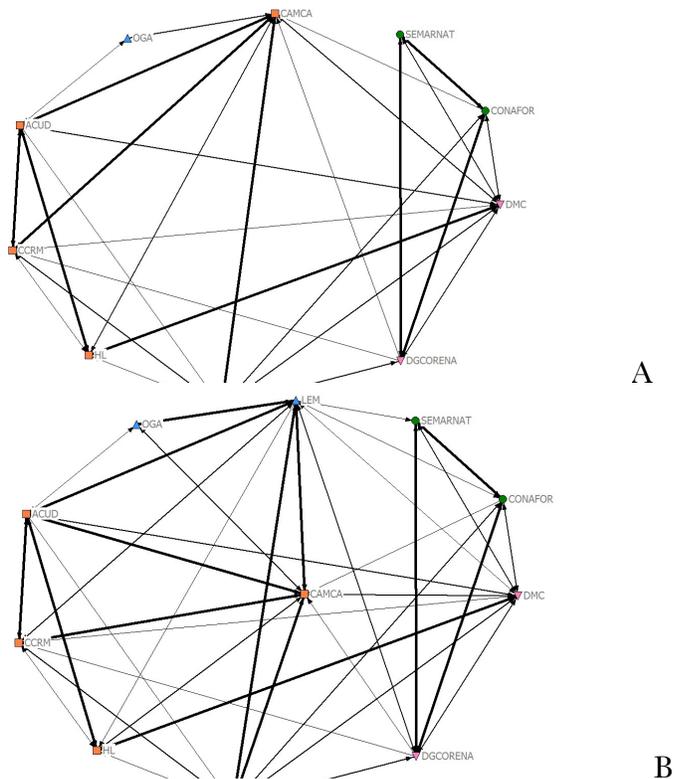


Figura 4. Red de conexiones entre los principales actores identificados dentro del Cuenca del río Magdalena, CDMX. En la imagen (A) se observan las conexiones entre actores sin el LEM. En la B, aparecen las conexiones incluyendo el LEM. El grosor de la flecha indica la intensidad de la relación y si 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.

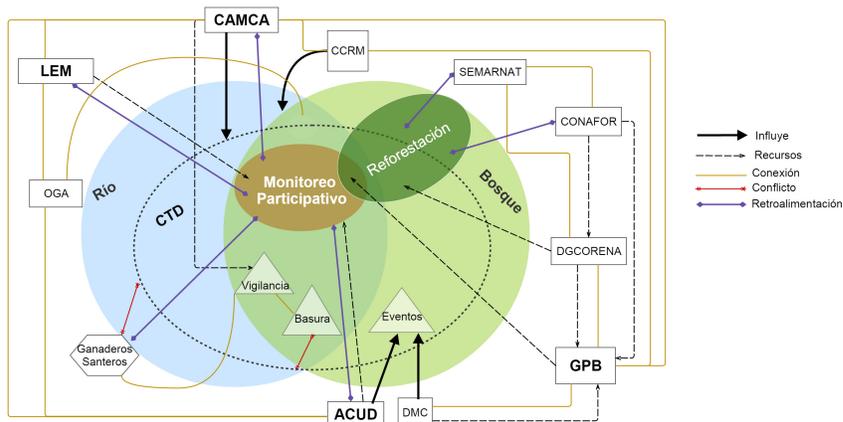


Figura 5. Modelo de actores, conexiones y retroalimentación del SSE bajo estudio. Abreviaturas: Actores locales: CAMCA, Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, CCRM: Comité de Cuenca del río Magdalena, ACUD: Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, GPB: Grupo Patrulla del Bosque, BIE-12: 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.