

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**

Prólogo

Patricia Balvanera Levy

pbalvanera@cieco.unam.mx

Profesora-Investigadora

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

Universidad Nacional Autónoma de México

¿Acaso sabemos qué nos depara el futuro? ¿Tenemos forma de alcanzar o asegurar un cierto nivel de bienestar? Nos encantaría saberlo. De hecho invertimos una fracción importante de nuestro tiempo, recursos y pensamientos en lo que consideramos nos permitirá construir las bases para alcanzar este bienestar o para asegurar lo que ya tenemos.

La planeación de nuestro futuro incluye la comparación entre lo que tenemos actualmente y lo que podríamos tener en el futuro, o más ampliamente, de lo que las generaciones futuras pudieran tener. Surge así en 1986 el concepto de sustentabilidad, que se refiere a satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

El concepto de sustentabilidad y su visión del futuro nos pone ante una serie de dilemas éticos. ¿Aseguro mi futuro en el corto plazo o aseguro el futuro de largo plazo de las generaciones venideras? ¿Aseguro mi futuro a costa del presente o futuro de otros? ¿Tengo suficiente? ¿Los demás tienen suficiente?

Una visión de sustentabilidad nos lleva irremediamente a pensar más allá de mí y de mi núcleo directo, y más allá del presente o del futuro cercano. Nos lleva así a pensar en las interdependencias, las formas en las que mi bienestar presente o futuro depende de otros, y cómo las decisiones que tomo hoy para asegurar mi bienestar futuro impactan a otros.

Las interdependencias asociadas a nuestro bienestar presente y futuro son de muy distintos tipos. Dependemos de otros seres humanos; dependemos de nuestro núcleo familiar directo, de nuestro amigos o colegas; pero también dependemos de la economía nacional o global, de las decisiones políticas que se toman en mi municipio, estado o país. Dependemos también de otros organismos; el aire que respiramos, los alimentos que consumimos, los materiales con los que construimos muebles, la fertilidad del suelo en la que crecen los productos agrícolas, la regulación de la temperatura de la atmósfera, o la regulación de la calidad del agua de ríos y mares dependen de una enorme variedad de organismos de los cuales dependemos mucho más íntimamente de lo que nos percatamos. Las plantas que crecen en los campos agrícolas nos dan

su más valioso producto, sus semillas. Los árboles al crecer producen oxígeno, regulan la temperatura de la atmósfera y nos dan frescura. Microorganismos, gusanos y escarabajos en el suelo aseguran la fertilidad necesaria para la producción agropecuaria y forestal. Abejas, aves y murciélagos polinizan las flores de agaves, aguacates y mangos para asegurar la producción agrícola. Los millones de algas que viven en los océanos regulan la vida en el mar, modulando la calidad y cantidad de la producción pesquera.

El concepto de sistema socioecológico surge como una herramienta para hacer patentes estas interdependencias. Este concepto nos permite reconocer las interacciones que existen entre individuos dentro de una sociedad, entre actores, entre sociedades. También nos permite hacer patente la importancia que tienen los distintos tipos de organismos y las interacciones que se dan entre ellos para el bienestar de las sociedades, así como los impactos que tienen las actividades de las sociedades sobre estos.

Un tema central en la planeación de nuestro futuro y de la sustentabilidad en el contexto de los sistemas socioecológicos es el de los impactos que han tenido las sociedades humanas sobre el resto de los seres vivos y sobre el funcionamiento de las interacciones entre estos seres vivos y con los elementos no vivos como el agua y la energía. En el afán de mejorar nuestra calidad de vida y la de otros miles de millones de seres humanos en el planeta, hemos contribuido a la transformación de bosques en campos agrícolas, de selvas en pastizales ganaderos, de ríos y humedales en ciudades, de manglares en marinas turísticas o criaderos de camarón, hemos desecado los ríos, contaminado los mares.

La huella humana sobre las otras formas de vida en nuestro planeta se remontan al origen de nuestras civilizaciones. En el caso del continente americano, la llegada de los primeros pobladores provenientes de Asia vía el Estrecho de Bering coincide con la extinción de los grandes mamíferos que son cazados por los recién llegados.

Los impactos de las actividades humanas sobre nuestro planeta ponen en riesgo el mantenimiento no sólo de las sociedades sino de la vida misma a partir del momento en que la magnitud de los impactos rebasa es tal que la naturaleza de los sistemas socioecológicos cambia dramáticamente. Así, el término Antropoceno se acuña para denotar una nueva era geológica en la cual la huella humana en el planeta ha transformado profundamente tanto las condiciones como los procesos que en este ocurren, impactando dramáticamente a todos los organismos así como el funcionamiento mismo de todos los sistemas de soporte de vida del planeta. Actualmente nos encontramos en esta nueva era geológica, que pudo haber iniciado hace un par de miles de años, pero que claramente está marcada por los cambios dramáticos que resultaron de la revolución industrial a partir de 1710.

La planeación del futuro cobra entonces un cariz distinto a la luz del Antropoceno. Si el bienestar de las generaciones futuras depende del mantenimiento de organismos y procesos esenciales para nuestro bienestar pero a la vez los impactos de las actividades antrópicas acumuladas a la fecha ponen el riesgo el mantenimiento de esta vida y procesos, ¿cómo podemos hablar de sustentabilidad? ¿cómo podemos asegurar el bienestar de las generaciones futuras?

El concepto de resiliencia de los sistemas sociocológicos se vuelve fundamental en el antropoceno. La resiliencia se puede entender como la capacidad del sistema socioecológico para resistir o absorber impactos bruscos o constantes. Un sistema resiliente mantiene los elementos fundamentales de su estructura y función a través de una re-organización, de aprendizajes y de adaptaciones a las nuevas circunstancias.

La sustentabilidad y el futuro descansan entonces en la resiliencia de los sistemas socioecológicos, en su capacidad de asegurar tanto el bienestar de las generaciones futuras como del funcionamiento que sostienen la vida en el planeta, aún ante cambios no deseados.

Nuestro futuro hoy aparece probablemente más incierto que el que visualizábamos hace sólo 4 o 5 décadas. Las condiciones laborales, los mercados financieros, o la gobernabilidad cambian a tasas cada vez más aceleradas. Por otro lado, los cambios que ocurren en Nueva York repercuten en el corazón del Amazonas y viceversa. Además, el cambio climático ha contribuido a que eventos extremos como huracanes, sequías, o tormentas aumenten tanto en su intensidad, observándose cada año eventos nunca antes vistos, como en su frecuencia, dando lugar a un aparentemente interminable recuento de desastres en las noticias cotidianas. En el antropoceno, la pérdida de biodiversidad y los impactos a los sistemas de regulación de la temperatura de la atmósfera rebasan límites o umbrales dentro los cuales la operación del planeta se podría mantener de forma similar a lo observado durante los últimos miles de años.

¿Qué nos depara el futuro y cómo alcanzar o asegurar un cierto nivel de bienestar para mí, para los casi 130 millones de Mexicanos así como para los 7.5 miles de millones de habitantes del planeta? Es difícil contestar esta pregunta, pero sin duda los conceptos de sistema socioecológico, resiliencia, antropoceno, interdependencia, umbrales son herramientas fundamentales para hacerlo.

El libro ***Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia*** nos hace una presentación única de los conceptos clave que requerimos para entender qué nos depara el futuro y cómo alcanzar o asegurar nuestro bienestar. De forma clara y atractiva, nos lleva por un recorrido de la evolución de estos conceptos. Nos presenta con un par de problemas globales que todos tenemos patentes en nuestra memoria reciente, el caso de las migraciones humanas resultado del deterioro ambiental, así como los impactos de los plásticos en los océanos. También nos ofrece un abanico de herramientas metodológicas para estudiar esta resiliencia de los sistemas socioecológicos para estudios de caso contrastantes, nos ayuda a entender las características de sistemas socioecológicos protegidos legalmente así como aquellos fuertemente amenazados por el crecimiento urbano y el agotamiento de las fuentes de agua. Nos muestra también un abanico de dimensiones sociales y ambientales de la resiliencia de escenarios en contextos muy contrastantes.

La pertinencia de los temas presentados, la diversidad de perspectivas, así como las claras interconexiones entre los capítulos de este libro emergen del entusiasta y creativo grupo de autores que lo conforman así como de las interacciones que se dan entre ellos. Gracias al apoyo de la Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad de CONACYT este libro se gesta en el corazón de una reunión presencial que les permite a los autores identificar temas clave, temas transversales así como interdependencias entre temas, estudios de caso y entre autores.

Este libro se convertirá sin lugar a dudas en una brújula para los navegantes en los mares del antropoceno en la búsqueda de la sustentabilidad.

Morelia, Michoacán a 30 de Septiembre del 2016

Los Sistemas Socioecológicos y su resiliencia: una introducción

Rafael Calderón-Contreras

Departamento de Ciencias Sociales

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

El Devenir del Pensamiento Ecológico: Del Equilibrio a los Sistemas Socioecológicos

En 1997, tal vez el más influyente geógrafo latinoamericano, Milton Santos, afirmó que “El estado actual del espacio geográfico es producto directo de la perversidad humana” (Santos 1997). Referencias similares que se enfocan en el impacto que las actividades humanas (sobre todo extractivistas) han generado sobre la naturaleza en general, han acompañado a la investigación ecológica a nivel internacional desde el origen del pensamiento ambientalista. Los sistemas naturales no se podían entender sin la noción de equilibrio. El modelo de conservación de sistemas naturales a nivel internacional se basó en la imperante necesidad de evitar el cambio en sistemas naturales asumiendo que todo quebranto del equilibrio natural derivaría en un colapso (Holling 1973; Holling 2001; Walker *et al.* 2004; Calderón-Contreras 2010). Esta perspectiva convencional de la ecología gobernó la investigación y la política pública de conservación y manejo ambiental por décadas, al grado de forjar instituciones reguladoras a nivel internacional, y dar forma a leyes internacionales de protección y manejo.

Desde la década de los 1980, han existido cambios radicales en las concepciones analíticas que rigen la investigación ecológica. Las ideas tradicionales de la ecología han sido cuestionadas

por un conjunto de postulados emergentes e interdisciplinarios enmarcados en la “nueva ecología” (Botkin 1990; Behnke, R. H. Scoones, L., Kerven 1993; Zimmerer 1994; Scoones 1999). Los postulados de la nueva ecología plantearon maneras diferentes para analizar los ecosistemas y sus dinámicas. La adopción de las corrientes sistémicas del pensamiento que ya desde principios de 1950 habían cobrado fuerza, establecieron las bases para el estudio de ecosistemas. Dichas posturas describieron por primera vez a los entornos naturales como conjuntos de interacciones de energía y nutrientes (Behnke, R. H. Scoones, L., Kerven 1993).

El desarrollo de los postulados de la nueva ecología, no sólo permitieron cuestionar los postulados del pensamiento ecológico tradicional; sino que también sirvieron como base para modificar y adoptar los primeros esfuerzos de conservación y manejo ambiental basados en sistemas; resaltando por primera vez las dinámicas de los ecosistemas en constante dinamismo, más que en estaticidad y equilibrio (Calderón-Contreras 2010). La idea generalizada de que era posible predecir los cambios generados por efectos externos y controlarlos, dada la cualidad de equilibrio de los ambientes naturales, fue sustituida por corrientes de pensamiento ecológico que se basaban en tres principios: Múltiples estados de estabilidad, dinámicas caóticas y sistemas no equilibrados (Scoones 1999).

Estos preceptos fueron fundamentales para aplicar los principios de la teoría general de sistemas, a los ambientes naturales. La tendencia por el estudio de los ecosistemas cambió, al grado de incluir aportaciones de otras ciencias. Los estudios de problemas inherentes a los ecosistemas comenzaron a incluir aportes desde las ciencias sociales, e incluso, contribuciones tecnológicas e ingenieriles para el diseño de mecanismos de gestión ambiental. La evolución del pensamiento ecológico ha alcanzado grados analíticos que dramáticamente difieren de los postulados originales de la ecología tradicional. Actualmente, postulados basados en corrientes sistémicas afirman que los sistemas ecológicos y los sistemas sociales no pueden ser entendidos de manera aislada. De acuerdo a estas posturas, es imperativo comprender las dinámicas de interacción entre ambos sistemas, y ultimadamente, reconocer que tanto el sistema social como el natural actúan de manera conjunta como Sistemas Socio-Ecológicos.

Los Sistemas Socioecológicos y los retos del Antropoceno.

Rebasar los postulados teóricos y analíticos de la ecología tradicional permitió resaltar la alta complejidad de los problemas que involucran variables tanto sociales como naturales. Sin embargo, los problemas ambientales contemporáneos han cambiado de escala. La atención que capturaba los esfuerzos de investigación y conservación ambiental, centrados en casos de estudio de escala local y regional, ahora son entendidos como variables altamente interactivas y complejas de problemas ambientales de escala global. Uno de los retos principales de los análisis basados en Sistemas Socio-Ecológicos, es comprender las intensas dinámicas que vinculan las diferentes escalas de los problemas ambientales (ver Baggio y Calderón-Contreras, en el presente volumen).

La necesidad de marcos analíticos y metodológicos de corte inter y transdisciplinarios se hace patente al analizar las complejas dinámicas socioambientales a las que el mundo se enfrenta actualmente. La imperante degradación ambiental, así como los efectos del cambio ambiental global, han originado la idea de que por primera vez en la historia geológica del planeta, una especie no solamente domina los ecosistemas, sino que modifica y trastoca las dinámicas más íntimas del sistema planetario. El Antropoceno, es la referencia a la nueva era geológica en la que las actividades antrópicas se han convertido en el conjunto de fuerzas modeladoras más fuerte del planeta (Veland & Lynch 2016; Bai *et al.* 2015; Heikkurinen *et al.* 2016).

La fuente de información directa que permite estudiar las diferentes etapas geológicas del planeta, es la estratigrafía; el estudio de los diferentes horizontes de rocas que contienen información sobre las condiciones climáticas y ambientales del planeta en su devenir geológico. A pesar de que la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS, por sus siglas en inglés) no ha aceptado oficialmente al Antropoceno, estudios recientes han argumentado que el Antropoceno presenta condiciones funcionales y estratigráficas que difieren del Holoceno, la última era geológica reconocida (Waters *et al.* 2016). Más específicamente, investigaciones recientes plantean la posibilidad de tener un estrato geológico compuesto principalmente por derivados inorgánicos como plástico o concreto (Zalasiewicz *et al.* 2016; Gałuszka & Migaszewski 2015; Zalasiewicz *et al.* 2015).

Las provocadoras conclusiones derivadas de análisis del Antropoceno no solamente incitan a pensar en las profundas implicaciones que las actividades humanas han causado al sistema

planetario, sino también plantean la imperante necesidad de desarrollar mecanismos de investigación y de política pública que se adapten a las nuevas dinámicas ambientales globales. Por ejemplo, en términos de biodiversidad, se ha concluido que dadas las tendencias actuales de pérdida de hábitats, sobreexplotación y degradación ambiental, el planeta enfrenta su sexto episodio de extinción masiva (una de las cuales corresponde a la extinción de los Dinosaurios) (Hughes *et al.* 2013), con cerca del 75% de especies extintas (Waters *et al.* 2016). Relacionado con el cambio ambiental global, se calcula que dadas las tendencias actuales de producción y consumo industrial, el planeta está encaminado a incrementar en 3 grados centígrados su temperatura media global para el 2050 (Moriarty & Honnery 2015); y en términos poblacionales, para el mismo año se calcula que la población global alcance los 9 mil millones de habitantes (Moriarty & Honnery 2015; Sandifer *et al.* 2015).

El cambio en la intensidad de los patrones hidrometeorológicos como las sequías o las granizadas; la modificación de las trayectorias, la temporalidad y la incidencia de tormentas tropicales y ciclones, así como la modificación en los patrones de sequías y distribución de temperaturas a nivel global, son procesos asociados con el cambio ambiental global. Dichas modificaciones vinculadas con procesos sociales asociados con dinámicas demográficas, así como políticas y económicas, han sugerido que el sistema planetario se encuentra en un proceso de cambio de régimen; un cambio que implicaría una transgresión de los límites planetarios que le permiten a la humanidad desarrollarse en un espacio seguro de operación (Hughes *et al.* 2013; Demaio & Rockström 2015; Rockström *et al.* 2016). Los límites planetarios referidos, mencionados en orden de escala, de global a local son: 1. El Cambio Climático, 2. La pérdida de biodiversidad (tanto diversidad genética como funcional), 3. La contaminación producida por agentes artificiales, 4. La reducción de la capa de ozono, 5. El contenido atmosférico de aerosoles, 6. La acidificación del Océano, 7. La modificación de los flujos biogeoquímicos (relacionados con los ciclos del nitrógeno y fósforo), 8. Uso global del agua potable y 9. Los cambios de uso y ocupación del suelo (Rockström *et al.* 2016; Mace *et al.* 2014; Biermann 2012; Galaz *et al.* 2012; Baum & Handoh 2014; Fang *et al.* 2015; Hughes *et al.* 2013).

La característica preponderante del Antropoceno es que el planeta se encuentra afrontando un cúmulo de incertidumbres de diversas índoles. La cuestión analítica central, y tal vez la incertidumbre más importante derivada de los estudios del Antropoceno, continua siendo la posibilidad o imposibilidad de la humanidad para adaptarse y resistir los embates de estos

cambios de régimen. Es en este sentido, que los estudios de carácter ambiental a nivel global, han buscado adoptar enfoques multidisciplinarios para entender mejor los efectos de los problemas que vinculan al hombre y su entorno en un planeta colmado de incertidumbres y complejas dinámicas, en general, y la manera en la que es posible construir resiliencia ante estos cambios.

En la medida en la que nuevos problemas ambientales son caracterizados como problemas sistémicos complejos, surgen enfoques integradores, multi-metodológicos e interdisciplinarios que ofrecen marcos analíticos que abordan dichas problemáticas con perspectivas innovadoras. Dichas perspectivas a menudo cuestionan la aplicabilidad de perspectivas y enfoques de conservación y manejo basadas en postulados tradicionales de la ecología o la sustentabilidad. Berkes *et al* (2013:2) argumentan que el enfoque de resiliencia tiene un lugar en las ciencias integradoras ya que “la sustentabilidad implica conservar la capacidad de sistemas ecológicos para mantener sistemas ecológicos y sociales”. Al asumir que existe el cambio y explicar la estabilidad, más que asumir la estabilidad y explicar el cambio, el enfoque de resiliencia ofrece un cúmulo de métodos y marcos de referencia que permiten entender mejor las dinámicas e interacciones de los complejos sistemas socioecológicos.

Los estudios de Resiliencia en Sistemas Socioecológicos se han consolidado como el marco de referencia que permite entender mejor los cambios e implicaciones del Antropoceno a diferentes escalas, y al mismo tiempo, generar mecanismos y estrategias con mayor aplicabilidad para coadyuvar a la permanencia de la humanidad dentro de un espacio seguro de operación. Vale la pena remarcar un postulado de Milton Santos, que explica que “Cada época histórica se caracteriza por la aparición de un conjunto de nuevas posibilidades concretas que modifican los equilibrios preexistentes y pretenden imponer su ley. Este conjunto es sistémico: se puede así admitir que la globalización constituye un paradigma para la comprensión de los diferentes aspectos de la realidad contemporánea” (Santos, 1997:89).

La Resiliencia, los Sistemas Socioecológicos y éste libro.

La resiliencia y su enfoque en Sistemas Socioecológicos como marco analítico o postulado teórico, está abierta al criticismo y la incredulidad científica. Ha recibido los embates de la disciplinarietà ortodoxa de algunas ciencias tanto sociales como naturales (Calderón-Contreras 2016; Calderón Contreras 2013; Walker *et al.* 2004). Sin embargo, como lo muestran los capítulos

que conforman este volumen, ofrece marcos de referencia que abren la posibilidad de dialogo entre distintas disciplinas, enfoques teóricos y marcos metodológicos. Las dinámicas socioecológicas actuales no pueden ser explicadas sin el dialogo constante entre los diferentes actores que se involucran en el manejo de los entornos naturales, su influencia social y especialmente su protección y conservación. La adaptación a los cambios ambientales globales y el reflejo de sus consecuencias a escala local son abordadas e ilustradas con casos empíricos que buscan caracterizar 3 principios esenciales para la construcción de resiliencia socioecológica: La diversidad, la retroalimentación y las variables lentas, y la conectividad (ver Baggio y Calderón-Contreras en el presente volumen).

Este libro se constituye como un esfuerzo por resaltar la discusión de los problemas ambientales contemporáneos utilizando el marco de referencia de resiliencia en Sistemas Socioecológicos. Como se ha mencionado anteriormente, el término de resiliencia se ha aplicado indiscriminadamente en investigaciones y políticas públicas sin una discusión profunda y clara. Las principales críticas hacia el término resiliencia, radican en la falta de rigor analítico para su definición, pero sobre todo de las confusiones que surgen al momento de aplicar el término en casos de estudio empíricos. Este libro presenta ilustraciones empíricas de tres principios de resiliencia: La conectividad, las retroalimentación y las variables lentas, y la diversidad; con el objeto de mostrar la manera en la que la resiliencia puede ser observada y caracterizada, pero sobre todo ponderada en casos de estudio.

El libro se divide en dos componentes principales. El primer componente que incluye la presente introducción y el capítulo 1 busca contextualizar y presentar los postulados teóricos más novedosos alrededor de la resiliencia socioecológica y sus principios. Estos capítulos buscan introducir al lector a las discusiones teóricas más importantes alrededor del análisis de resiliencia en Sistemas Socioecológicos, y justifican de manera analítica la estructura de cada capítulo incluido. El capítulo 1 elaborado por Baggio y Calderón-Contreras, introduce de manera puntual los tres principios de resiliencia en los que se basa el análisis de los casos presentados. Así mismo, se constituye como parte del marco teórico de referencia utilizado para el análisis de los Sistemas Socioecológicos presentados.

A partir de este capítulo, el libro se divide en secciones empíricas que resaltan el enfoque de sistemas socioecológicos utilizados en cada caso, resaltando en cada uno los principios de resiliencia que guían el libro (retroalimentación, conectividad y diversidad). Cada capítulo

empírico incluye una discusión teórica que hace referencia a la primera parte del libro, y donde los autores resaltan algunos postulados teóricos referentes a sistemas socioecológicos usados para ilustrar los casos empíricos de cada capítulo. Estas secciones teóricas dentro de los capítulos que ilustran los casos empíricos, no buscan redundar sobre los postulados expuestos en la primera sección del libro, más bien pretende explicar el abordaje teórico de los autores para entender mejor la resiliencia de diversos factores dentro de cada caso elegido. La primera parte, denominada Efectos Socioecológicos de Problemas Globales, incluye dos capítulos, el primero escrito por Bolaños y el segundo por Velázquez; los cuales utilizan el marco de Sistemas Socioecológicos y resiliencia en general para discutir los efectos ambientales de la migración, y la contaminación global de plásticos en los océanos, respectivamente.

La segunda sección, denominada Aproximaciones Metodológicas al estudio de los SSE presenta tres capítulos que utilizan diversas metodologías para caracterizar al río de los Remedios, en la Ciudad de México, al Nevado de Toluca y a un sistema de barrancas del sur del Estado de México como Sistemas Socioecológicos. En esta sección, Almeida *et al*, Pérez-Alcántara *et al* y Monsalvo *et al* utilizan aproximaciones multi-metodológicas que incluyen desde el monitoreo participativo hasta la caracterización de variables físico-geográficas. La tercera sección, intitulada Conservación como base para la Resiliencia en SSE, presenta caracterizaciones de Áreas Naturales Protegidas de México como Sistemas Socioecológicos. La resiliencia socioecológica del Santuario de la Mariposa Monarca (Cruz y López), la Reserva de la biósfera Barrancas del Mezquitlán (Jiménez *et al*), y el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (Monsalvo *et al*), son caracterizados en torno a su diversidad, retroalimentación y conectividad.

La conservación de recursos hídricos de una de las cuencas vivas más importantes para la Ciudad de México, la Cuenca del río Magdalena (Arizpe *et al*); y el estrés hídrico afrontado por el Sistema Socioecológico del Valle de Toluca (Becerril-Tinoco), uno de los principales aportadores de agua para la Zona Metropolitana del Valle de México, son abordados en la cuarta sección, Resiliencia de Recursos Hídricos en SSE. Los casos analizan los factores de resiliencia que le permiten a ambos sistemas resistir los embates de los cambios ambientales y sociales.

La última sección, Resiliencia en SSE Emblemáticos, Olivera y Fuente caracterizan la resiliencia de los paisajes culturales en las llanuras amazónicas de Bolivia a los incendios e inundaciones. Siendo el único caso fuera del contexto Mexicano, el capítulo fue elegido por la

capacidad de los autores para ilustrar los casos de resiliencia en relación a los incendios e inundaciones, y la posibilidad para extrapolar dicho análisis a Sistemas Socioecológicos Mexicanos. Completan la sección los capítulos de Quiróz, que utiliza el caso de Tepoztlán, Morelos, para analizar los embates socioambientales y los retos que la adaptación al dichos cambios implica. Así mismo, Zárate analiza los impactos en términos de resiliencia socioecológica que se han originado a raíz de la construcción de parques eólicos en el Golfo de Tehuantepec.

El presente volumen es un esfuerzo derivado de una comunicación multidisciplinaria entre profesores de diversas instituciones de diverso corte disciplinar. Este libro se origina en el marco de un taller de tres días financiado por la Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad (Red SocioEcoS) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) llevado a cabo en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, en noviembre de 2015. En dicho evento se discutieron los postulados teóricos que le dan forma al presente libro. Cada participante expuso un caso de estudio en particular, caracterizado como Sistemas Socioecológico, y se filmaron y posteriormente editaron videos explicativos que conforman la sección de webinars de la Red SocioEcoS.

Además de los productos mencionados para la sección de webinars de la página de la Red SocioEcoS, el taller logró conjuntar una serie de experiencias teóricas, metodológicas, empíricas e incluso de activismo, que son ilustradas en cada capítulo de la presente obra. Los casos empíricos expuestos en este libro resaltan las diversas oportunidades para lograr cambios positivos que contribuyen a la resiliencia, adaptación y conservación de zonas prioritarias, parques nacionales, zonas de protección o de especial importancia para la dotación de servicios ambientales. Los autores hacen un esfuerzo por destacar los casos de éxito en torno a la preservación de los recursos naturales y sus funciones; además del rol que diversos sectores sociales juegan para contribuir a la construcción de resiliencia a largo plazo. Los casos expuestos hacen referencia a los ejemplos de resiliencia que pueden ser extrapolados a otros casos de estudio, a otras escalas de análisis, y a otras esferas de acción política y social. En este sentido, el taller de Noviembre de 2015 que origina esta obra, no sólo ha contribuído a consolidar la comunicación dialéctica entre académicos de diferentes disciplinas e instituciones, sino también entre diferentes casos de sistemas socioecológicos, los cuales reflejan las cualidades de resiliencia que comparten: conectividad, retroalimentación y diversidad.

Los autores del presente libro, así como su coordinador, buscan que este modesto esfuerzo sea una referencia útil para los académicos, estudiantes e interesados en la resiliencia socioecológica, con el objeto de aplicar los postulados tanto analíticos como metodológicos vertidos en este libro. Agradecemos el apoyo logístico y financiamiento de la Red de SocioEcoSistemas y Sustentabilidad del CONACyT, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidades Iztapalapa y Cuajimalpa, y a la Universidad Nacional Autónoma de México, por parte del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES). De manera particular el apoyo logístico de los miembros del Comité Técnico-Académico de la Red SocioEcoS y el invaluable apoyo de los asistentes de cada eje temático.

Así mismo, se reconoce la labor de investigación, el compromiso y la capacidad de colaboración de los autores que conforman esta obra. Sin duda alguna, su interés por entender mejor los problemas socioecosistémicos son muestra de que a pesar de que el complicado panorama que plantea el Antropoceno, existen acciones de individuos, grupos e instituciones que permiten ser optimistas ante el futuro abrumador y los retos sin precedentes que afrontamos como humanidad. Gracias.

Referencias:

- Bai, X. *et al.*, 2015. Plausible and desirable futures in the Anthropocene: A new research agenda. *Global Environmental Change*.
- Baum, S.D. & Handoh, I.C., 2014. Integrating the planetary boundaries and global catastrophic risk paradigms. *Ecological Economics*, 107, pp.13–21.
- Behnke, R. H. Scoones, L., Kerven, C., 1993. *Range Ecology at Disequilibrium: New Models of Natural Variability and Pastoral Adaptation in African Savannas.*, Londres: Overseas Development Institute.
- Biermann, F., 2012. Planetary boundaries and earth system governance: Exploring the links. *Ecological Economics*, 81, pp.4–9.
- Botkin, D.B., 1990. *Discordant Harmonies: A New Ecology for the Twenty-First Century.*, Oxford University Press.
- Calderón Contreras, R., 2013. The Concept of Resilience in Climate Change Policy Design In North America. *Voices of Mexico*, 95, pp.115–117.
- Calderón-Contreras, R., 2010. Between Environmental Policy and Scientific Knowledge: How Might Dryland Environments Challenge Ideas Regarding Ecological Dynamics? *Ciencia Ergo sum*, 17(1), pp.81–87.
- Calderón-Contreras, R., 2016. El rol de las Áreas Naturales Periurbanas para la Resiliencia al Cambio Climático de las Metrópolis: El Caso de la Ciudad de México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 25, pp.69–79.
- Demaio, A.R. & Rockström, J., 2015. Human and planetary health: towards a common language. *The Lancet*, 386(10007), pp.e36–e37.
- Fang, K., Heijungs, R. & De Snoo, G.R., 2015. Understanding the complementary linkages between environmental footprints and planetary boundaries in a footprint–boundary environmental sustainability assessment framework. *Ecological Economics*, 114, pp.218–226.
- Galaz, V. *et al.*, 2012. Global environmental governance and planetary boundaries: An introduction. *Ecological Economics*, 81, pp.1–3.
- Gałuszka, A. & Migaszewski, Z.M., 2015. Sediments of the Anthropocene. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- Heikkurinen, P. *et al.*, 2016. Organising in the Anthropocene: an ontological outline for ecocentric theorising. *Journal of Cleaner Production*, 113, pp.705–714.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), pp.1–23.
- Holling, C.S., 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), pp.390–405.
- Hughes, T.P. *et al.*, 2013. Multiscale regime shifts and planetary boundaries. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(7), pp.389–395.
- Mace, G.M. *et al.*, 2014. Approaches to defining a planetary boundary for biodiversity. *Global*

- Environmental Change*, 28, pp.289–297.
- Moriarty, P. & Honnery, D., 2015. Future cities in a warming world. *Futures*, 66, pp.45–53. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328714002031> [Accessed February 12, 2016].
- Rockström, J., Stordalen, G.A. & Horton, R., 2016. Acting in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission. *The Lancet*, 387(10036), pp.2364–2365.
- Sandifer, P.A., Sutton-Grier, A.E. & Ward, B.P., 2015. Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, 12, pp.1–15. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.007>.
- Santos, M., 1997. *La Naturaleza del Espacio: Técnica y Tiempo, Razón y Emoción*, Barcelona: Ariel.
- Scoones, I., 1999. New Ecology and the Social Sciences: What Prospects for a Fruitful Engagement? *Annual Review of Anthropology*, 22, pp.43–53.
- Veland, S. & Lynch, A.H., 2016. Scaling the Anthropocene: How the stories we tell matter. *Geoforum*, 72, pp.1–5.
- Walker, B. *et al.*, 2004. Resilience, Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2), p.5. Available at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>.
- Waters, C.N. *et al.*, 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269). Available at: <http://science.sciencemag.org/content/351/6269/aad2622.abstract>.
- Zalasiewicz, J. *et al.*, 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*.
- Zalasiewicz, J. *et al.*, 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, 383, pp.196–203.
- Zimmerer, K.Z., 1994. Human Geography and the “New Ecology”: Prospects and Promise of Integration. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(1), pp.501–509.

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

Jacopo Baggio

Assistant Professor

Department of Environment and Society and Ecology Center

S. J. & Jessie E. Quinney College of Natural Resources

Utah State University

Rafael Calderón-Contreras

Profesor Investigador

Departamento de Ciencias Sociales

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

Introducción:

El mundo de hoy está caracterizado por cambios a una velocidad y escala sin precedentes. Estos cambios se deben principalmente a los avances tecnológicos que han llevado a un crecimiento económico y demográfico sin paralelo en la historia de la humanidad. Dicho crecimiento ha abierto la posibilidad de modificar el entorno en el que vivimos. Por ejemplo, el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con la agricultura y la producción de bienes, aunque beneficiosa para millones de personas, puede socavar la capacidad de los sistemas ecológicos y sociales para seguir prestando servicios tales como agua limpia, el aire y los alimentos (IPCC, 2014; Calderón-Contreras, 2016), esenciales para sostener el bienestar humano. Dados estos avances tecnológicos junto con el crecimiento de la población, la globalización y el cambio climático, el impacto humano sobre el ambiente está dando lugar a nuevos efectos que son difíciles de prever y podrían tener efectos dramáticos sobre el sistema ecológico y, en última instancia, sobre el bienestar humano en general.

La importancia de mantener un determinado nivel de bienestar humano considerando la velocidad y la magnitud de los cambios en un mundo interdependiente, ha dado lugar a nuevos enfoques prácticos para evaluar la capacidad de las sociedades para adaptarse y transformarse.

En este contexto, la resiliencia es una característica fundamental de la mayoría de los SSE, como denota la cantidad de efectos externos e internos que los SSE pueden resistir sin ser alterados totalmente. El Estudio de la resiliencia, partiendo de los métodos y herramientas de la denominada "ciencia de la complejidad", puede resultar de suma importancia en la comprensión del comportamiento de un SSE. El presente capítulo busca introducir al lector al estudio de la resiliencia socioecosistémica y sus principales postulados. Está dividido en 7 secciones, incluida esta introducción. La siguiente sección explica el concepto de resiliencia, y su devenir para ser aplicado en Sistemas Socioecológicos. La tercera sección explica la manera en la que los Sistemas Socioecológicos se comportan como Sistemas Adaptativos Complejos, y la manera en la que el pensamiento de resiliencia permite explicar sus dinámicas internas. La cuarta sección explica el primer principio de resiliencia que guía la estructura analítica de los casos presentados en este libro: la Conectividad. La Diversidad, la retroalimentación y variables, completan los tres principios de resiliencia que se utilizan en este libro, y se abordan en las secciones cinco y seis. El capítulo concluye con una reflexión final.

Resiliencia en sistemas socioecológicos

El concepto de resiliencia ecológica, introducido por primera vez por Holling (1973), ha sido ampliado por estudiosos de diferentes disciplinas con el fin de combinar sistemas ecológicos y sociales. La resiliencia es la capacidad de un SSE para absorber perturbaciones y re-organizarse durante el proceso de cambio, de manera que mantienen esencialmente las mismas funciones, estructuras, identidad y retroalimentación (Walker, *et al.*, 2004). La definición anterior ha evolucionado desde la presentación de la noción original de resiliencia en ecología, propuesta por Holling a comienzos de la década de los 70, cuando el pensamiento de equilibrio era la premisa básica para el análisis de sistemas ecológicos. En su influyente artículo, Holling (1973:17) define la resiliencia como "la capacidad de un sistema ecológico para volver a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal".

La resiliencia, como es definida por Walker *et al.* (2004), puede considerarse como la síntesis de las definiciones propuestas por Gunderson y Holling (2002) y la definición operacional de Carpenter *et al.* (2001). Específicamente, la resiliencia se refiere tanto a la cantidad de perturbaciones que un sistema puede sufrir manteniendo sus funciones y controles originales (Gunderson y Holling 2002), así como la medida en la que un SSE es capaz de auto-organizarse, aprender y adaptarse (Carpenter *et al.* 2001; Calderón-Contreras, 2010; Calderón-Contreras, 2016). Estas definiciones de resiliencia se basan en nociones de no-equilibrio e implican la necesidad imperante de ser "integrador" (es decir, adoptando un enfoque sistémico) a fin de comprender mejor las complejas dinámicas de cualquier SSE. Es decir, analizar la resiliencia de un SSE implica ir más allá de los reduccionismos para examinar cómo un sistema se comporta como un todo. El enfoque de resiliencia en SSE implica que no es posible analizar una sola relación causal, dado que es importante buscar y comprender múltiples causas que están al menos parcialmente vinculadas unas con otras.

Además, es crucial incorporar la incertidumbre y basar las decisiones de análisis y manejo de SSE sobre hipótesis múltiples, y no en la simple aprobación o rechazo de una sola (Holling 1998). El enfoque de resiliencia va más allá de la consideración de los seres humanos como una externalidad de un sistema ecológico (por ejemplo, en la perturbación de un régimen forestal o el análisis de las variables que controlan el cambio de uso de suelo, etc.) o como simples INPUTS de los procesos de producción. El enfoque de resiliencia se basa en el hecho de que los seres humanos son parte activa e integrante del sistema ecológico, así como el sistema ecológico es un activo y parte integrante del sistema social a través de múltiples escalas espaciales y temporales (Gunderson y Holling, 2002; Ostrom, 2009; Boyd y Folke, 2011; Calderón-Contreras, 2010; Baggio, *et al.*, 2015). Desde una perspectiva de resiliencia, el cambio es una característica inherente de los SSE. El enfoque de resiliencia no considera la perturbación y el cambio como factores completamente negativos que deben ser evitados, sino como características inherentes de SSE que presenta oportunidades continuas para la renovación y mejora (Gunderson, *et al.*, 1995; 2001; Holling y Holling Gunderson, 2002).

Los efectos externos, las perturbaciones y las crisis, son vistos como elementos importantes en la apertura de oportunidades para la reorganización.

Estas oportunidades están determinadas por las condiciones y la dinámica de los sistemas a diferentes escalas espacio-temporales (Gunderson, *et al.*, 1995; Gunderson y Holling, 2002). Un SSE resiliente es visto como un sistema que persiste y mantiene su capacidad de sostener el bienestar humano frente a la perturbación, tanto amortiguando los impactos externos, como también mediante la adaptación y reorganización en respuesta al cambio (Walker, *et al.*, 2004; Folke, *et al.*, 2010). Así, la resiliencia se refiere a la tensión entre la persistencia y el cambio, es decir, por un lado, comprender y gestionar la capacidad para absorber shocks y mantener la funcionalidad pero, por otro lado, también para mantener la capacidad de renovación, reorganización y desarrollo en diversas escalas (Folke, 2006).

El pensamiento de resiliencia (resilience thinking)

En el corazón de la perspectiva de resiliencia se encuentra la noción de que los Sistemas Socioecológicos se comportan como Sistemas Adaptativos Complejos (SAC) (Folke, 2006; Levin, *et al.*, 2013; Baggio, 2011, Baggio, *et al.*, 2015). A los esfuerzos por entender mejor las relaciones entre los sistemas sociales y ambientales, se les ha denominado enfoques de Pensamiento de Resiliencia (Resilience Thinking). El Pensamiento de Resiliencia se enfoca en las características de los Sistemas Adaptativos Complejos que, por ende, son también características de los SSE: Auto-organización, efectos de umbrales y No-Linealidad.

La capacidad de auto-organización es consecuencia directa de las interacciones cíclicas entre los componentes del sistema, las cuales determinan sus propiedades macroscópicas y generan patrones que influyen las interacciones que las producen (Levin, 1998; Walker, *et al.*, 2002). En otras palabras, la auto-organización le permite a las variables de un sistema complejo, la cualidad de fluctuar dentro de un rango específico sin generar cambios profundos de régimen en el sistema. Hay algunas variables que controlan más que otras el sistema, sin embargo, mientras estas variables se encuentren auto-organizadas dentro de un umbral, el sistema permanecerá sin cambios importantes. No es hasta que una de estas variables de control recibe suficientes efectos o impactos externos, que pueden hacer que un sistema cruce el umbral de cambio y se reorganice, o cambie de régimen. Este comportamiento de Sistemas Complejos se lleva a cabo en trayectorias no-lineales; esto implica que no son predecibles en el tiempo y el espacio y que pueden generar consecuencias inesperadas.

Ejemplos de estos cambios de régimen pueden ser observados en el cambio de cobertura vegetal, de bosque a pastizal, o de un sistema coralino saludable a uno degradado. Dichos cambios ambientales son generados por una amplia gama de variables, que al recibir los impactos externos de otras variables, mueven el Sistema Socioecológico a un nuevo estado, el cual puede (o no) generar consecuencias indeseables. Algunas de estas variables juegan un papel preponderante para generar un cambio de régimen. A la idea de que los Sistemas

Socioecológicos están auto-organizados de manera jerárquica; y al hecho de que estas relaciones jerárquicas entre variables originan sistemas anidados dentro de sistemas más grandes, se le denomina Panarquía (Holling, 2001). Central para esta idea es la noción de que las conexiones, a través de diversos niveles de panarquía, son determinantes para las dinámicas de auto-organización en los Sistemas Adaptativos Complejos.

Esta característica es notoria en el análisis de Sistemas Socioecológicos, los cuales pueden estar conformados por una serie de sub-sistemas anidados a diferentes escalas. La re-organización de uno de estos sistemas anidados puede generar cambios a escalas espaciales y temporales mayores; sin embargo, este rasgo de los sistemas anidados también implica que diversas escalas pueden contribuir a la continuidad de un sistema dentro de un umbral, o incluso a su recuperación después de un impacto externo (Holling, 2004; Holling y Gunderson, 2002). La naturaleza compleja de estas relaciones implican que la resiliencia de un sistema anidado dentro de uno más grande, no necesariamente conduce a la construcción de la resiliencia general del sistema, y viceversa (Carpenter, *et al.*, 2001).

De acuerdo al pensamiento de resiliencia, un sistema adaptativo complejo no puede ser identificado de una manera inequívoca. Sin embargo, a raíz del trabajo de Levin (2002), un sistema puede ser llamado complejo cuando un cierto número de sus componentes interactúan en forma interdependiente. Como se mencionó anteriormente, estas interacciones son típicamente no-lineales y, aunque pueden parecer 'simples' a escala local, se acumulan de una manera no predecible, generando comportamientos y estructuras que no se entienden como una simple composición de las características locales: la suma es "mayor" que la suma de sus partes. La resiliencia de SSE es, por tanto, dependiente de las características específicas del sistema, tales como:

- a) Interacciones Temporales: Políticas y acciones implementadas hoy pueden tener consecuencias indeseables en el futuro y pueden verse limitadas por acciones y políticas aplicadas en el pasado.
- b) Interacciones Espaciales: Políticas y acciones a nivel local pueden ser influenciadas o involuntariamente pueden influir en las políticas y las acciones tomadas al más alto nivel (por ejemplo, acciones locales están influenciadas y pueden influir la implementación de políticas y acciones a nivel regional o nacional, o ser influidas por éstas).

Las Interacciones Temporales y Espaciales pueden atribuirse a tres propiedades principales que todos los SSE tienen y que afectan directamente su resiliencia: Diversidad, conectividad y retroalimentación y variables lentas (Biggs *et al.*, 2012; Biggs *et al.*, 2015a). La conectividad es una característica fundamental para entender los SSE, dado que es la propiedad que permite la migración de las especies, la polinización de las plantas, la difusión de ideas y estrategias, etc. (Dakos, *et al.*, 2015, Schoon, *et al.*, 2011, Baggio y Hillis, 2016). La diversidad de componentes en SSE juega un papel preponderante para su capacidad de adaptarse a entornos cambiantes. La diversidad aumenta la posibilidad de adaptación (considerando tanto la diversidad en términos ecológicos, como la diversidad de ideas, estrategias, etc., con respecto al sistema social) (Levin,

1999; Kotschy, *et al.*, 2015). Por último, probablemente el más importante controlador de SSE y, por lo tanto, el atributo más importante para la resiliencia, es la presencia, la identificación y la comprensión de patrones de retroalimentación y variables lentas que caracterizan a los diversos e interconectados componentes de un sistema (Biggs *et al.*, 2015b; Walker, *et al.*, 2010).

A continuación, se explican con mayor detenimiento los tres componentes de los SSE, esenciales para entender su resiliencia y que a su vez son identificados, descritos y analizados en los casos de estudio que componen este libro: Conectividad, Diversidad y Retroalimentación y variables lentas.

Conectividad

La conectividad se refiere a las interdependencias o dependencias entre las diferentes partes de un SSE. Conectividad, en otras palabras, hace referencia a la identificación de los elementos que están conectados entre sí al interior de un SSE y la intensidad con la que están conectados. El análisis de la conectividad en SSE, trata de resolver preguntas similares a: ¿cómo los recursos, especies o individuos migran, se dispersan y, más generalmente, interactúan? ¿Cuál es la "fuerza" de tales interacciones?

Por lo general, altos niveles de conectividad pueden facilitar la recuperación después de alteraciones ecológicas y pueden facilitar la conservación de la diversidad biológica mediante la facilitación de la migración; pueden ayudar a difundir ideas y propagar la innovación en la gestión, etcétera. Sin embargo, la alta conectividad también aumenta la velocidad y la intensidad de las plagas, las mismas perturbaciones de las cuales un SSE busca recuperarse, o que en términos generales se tratan de evitar (véase Bodin y Norberg, 2005; Bodin, *et al.*, 2006; Crona y Bodin, 2006; McAllister, *et al.*, 2006; Bodin y Crona, 2009; Salau, *et al.*, 2012; Bodin y Tengo, 2012; Dakos, *et al.*, 2015; Bodin *et al.* 2016). Por ejemplo, los parches de bosque aislado en un paisaje fragmentado pueden escapar al fuego (Peterson, 2002), mientras que los paisajes agrarios altamente conectados pueden sufrir la propagación de plagas o enfermedades más fácilmente (Davis, *et al.*, 2008; Baggio y Hillis, 2016). Las redes sociales densamente conectadas pueden facilitar la gestión de los recursos ecológicos (Crona y Bodin, 2006; Bodin y Prell, 2011; Schoon, *et al.*, 2014), pero un sistema social altamente conectado también puede afectar negativamente el SSE Global por la creciente homogeneización de ideas (Baggio y Hillis, 2016; Bodin y Norberg, 2005). Además, la intensidad de la conectividad incrementa los complejos patrones de globalización del SSE planetario. Este efecto no es exclusivo de la conectividad, ya que los otros principios de resiliencia en SSE (diversidad y retroalimentación y variables lentas) también operan en distintas escalas espaciales y temporales. Sin embargo, a fin de comprender la manera en la que la conectividad afecta al SSE global, se requiere del entendimiento de dos procesos fundamentales:

- 1) La conectividad debe ser mapeada. ¿Qué elementos están conectados uno al otro y cómo? ¿Cómo es esta conectividad relevante según el contexto y el tipo de sistema que se analice? ¿Cuáles son los cambios en los patrones de conectividad a diferentes escalas?

- 2) Una vez mapeada, ¿cómo podemos identificar a los actores clave/ especies/recursos/paisajes para priorizar y facilitar el aumento (o disminución) de la resiliencia socioecológica a perturbaciones específicas? (es decir, ¿resiliencia a qué? y, ¿para qué?).

En otras palabras, el efecto de la conectividad sobre un SSE específico es altamente dependiente del contexto. En este sentido, ¿cómo afecta la conectividad a la resiliencia socioecológica? ¿Es, en última instancia, una cuestión empírica?

Diversidad

La diversidad y redundancia en los componentes de un SSE como lo son tipos de paisaje, especies de flora o fauna, sistemas de conocimiento, actores, grupos culturales o instituciones, etcetera, proporcionan opciones para responder a los cambios y las perturbaciones y para lidiar con la incertidumbre y la sorpresa (Kotschy, *et al.*, 2015). Recientes investigaciones teóricas y empíricas sugieren que la resiliencia de un SSE es directamente influenciada por la diversidad de respuesta, en combinación con la redundancia funcional (Walker y Salt, 2006; Norberg y Cumming, 2008). Por otro lado, incrementar la diversidad y la redundancia puede aumentar la complejidad de un Sistema, incrementando su costo de la operación. El costo de operación de un sistema (en términos de energía, dinero, recursos, etc.) puede provocar el colapso total del sistema (Tainter, 2006). Generalmente, la diversidad se considera importante para la resiliencia de la SSE, pues aumenta las estrategias para responder a los disturbios (Folke, *et al.*, 2003). Generalmente, cuando los sistemas aumentan la diversidad en componentes (por ejemplo, especies, mecanismos que reduzcan la fragmentación del paisaje, la diversificación de ingresos y medios de subsistencia, o los portafolios de finanzas, etc.) se consideran más resilientes (o más difíciles de cambiar) que cuando dicha diversidad es menos heterogénea (Deffuant, *et al.*, 2005; Ostrom, 2005; Cardinale, *et al.*, 2012, Baggio y Papyrakis, 2014). Esto también aplica para el tamaño de los sistemas, sin embargo, un caso contrario es cuando una especie invasora o plaga influye en una variedad de componentes de un sistema mayor.

Además, a pesar de que la diversidad es reconocida como un elemento fundamental para aumentar la resiliencia de SSE, dentro de los ámbitos de la ecología y las ciencias sociales han habido largos y profundos debates sobre la importancia de la escala, o los tipos y costos de la diversidad y redundancia (McCann, 2000; Carpenter y Brock, 2004; Ostrom, 2005; Nelson, *et al.*, 2011; Barnes-Mauthe, *et al.*, 2013). Estas discusiones (al igual que con el caso de la conectividad) han sugerido que la relación entre diversidad y los SSE continúe siendo altamente dependiente del contexto. Más precisamente, la diversidad de ideas y perspectiva puede incrementar la capacidad de responder o adaptarse a potenciales disturbios y aumenta las opciones y mecanismos disponibles durante una fase de transformación (o fase de destrucción creativa) de un SSE (Boyd y Folke 2012; Moore, *et al.*, 2015).

Más allá del monitoreo y la medición, la diversidad y redundancia puede ser difícil de analizar y comprender, sin embargo, es esencial para el objetivo de descubrir la relación entre la diversidad y la resiliencia de un SSE. Por ejemplo, programas de conservación de la diversidad biológica se centran a menudo en el número de especies presentes como una medida general de la diversidad. No obstante, la riqueza de especies por sí sola no siempre es una buena medida de la resiliencia. El esfuerzo por entender la diversidad podría llevar a evaluar el número de estrategias implementadas para manejar sistemas específicos; sin embargo, no todas estas estrategias podrían estar relacionadas con la habilidad del Sistema social para ser resiliente a disturbios específicos.

En general, a fin de comprender cómo afecta la diversidad a la resiliencia del SSE Global, dos requerimientos son fundamentales:

- 1) La diversidad debe ser mapeada: ¿Cuáles son los elementos que componen un sistema? ¿Cómo son diferentes el uno del otro? ¿Cuáles son redundantes y en qué son redundantes? (Es decir, dos especies podrían ser redundantes si las dos se alimentan de la misma fuente, dos ideas pueden ser redundantes si las dos expresan similares fundamentos, etcétera). ¿De qué manera es la diversidad y redundancia diferente en diferentes escalas espaciales y temporales? (Algo que parece diverso dentro de una escala espacial concreta puede ser redundante si se cambia la escala de análisis).
- 2) Una vez mapeada, ¿cómo podemos identificar los elementos clave que permiten mantener un nivel específico de diversidad y redundancia?

En otras palabras, al igual que con la conectividad, el efecto de la diversidad y la redundancia en un SSE específico es altamente dependiente del contexto. En este sentido, ¿cómo afecta la diversidad y redundancia a la resiliencia socioecológica? ¿Es, en última instancia, una cuestión empírica?

Retroalimentación y variables lentas

Muchos SSE pueden existir en diferentes configuraciones de auto-organización (o cuencas de atracción). Cada una de estas configuraciones produce características diferentes con respecto a las interdependencias existentes dentro y entre los sistemas ecológicos y sociales. Cambios en el control de variables lentas pueden impulsar un sistema a pasar de un régimen a otro si se superan determinados umbrales y hay un cambio en los procesos de retroalimentación dominante en el SSE (Biggs *et al.*, 2015b). Estos cambios de régimen pueden estar asociados a modificaciones que pueden tener un impacto considerable en las sociedades humanas. En otros casos, la retroalimentación puede restringir un sistema a una configuración específica, es decir, las retroalimentaciones tienen un efecto preponderante en la capacidad de un sistema para ser

resiliente o cambiar de cuenca de atracción (o sea, cambia de estado y, por consecuencia, el conjunto de configuraciones básicas existentes). La retroalimentación, en otras palabras, se refiere a la fuerza regidora de todo sistema en general y de cualquier SSE en particular.

La importancia de entender y administrar las retroalimentaciones en SSE, radica en su capacidad para mantener o erosionar su resiliencia (Biggs *et al.*, 2015; Biggs *et al.*, 2012). La retroalimentación y variables lentas son la base de todos los procesos de auto-organización que rigen los SSE.

En la mayoría de los SSE, parece que un conjunto limitado de variables clave y procesos de retroinformación interna interactúan para controlar la configuración del sistema (Holling, 2001; Gunderson y Holling, 2002; Walker y Salt, 2006). La naturaleza auto-organizacional, compleja y adaptativa de los SSE, implica que a menudo no responden en forma lineal a la perturbación o cambios graduales en variables clave (generalmente lentas). En su lugar, los SSE a menudo muestran pocos cambios en respuesta a las perturbaciones o cambios graduales en curso (por ejemplo, la sequía, los cambios a largo plazo en los patrones de precipitaciones, etcétera); pero una vez que el umbral crítico de cambio está superado, pueden experimentar grandes cambios repentinos a otra configuración del sistema que pueden ser difíciles o imposibles de revertir (Scheffer, *et al.*, 2001; Scheffer, 2009).

La identificación y gestión de variables que desestabilicen o estabilicen los patrones de retroalimentación y las variables lentas pueden informar o proveer insumos para identificar estos cambios abruptos. Además, es necesario identificar las variables que oscurecen o hacen difícil el análisis de las retroalimentaciones en el sistema, introducir nuevos patrones de retroalimentación donde están ausentes, y desarrollar sistemas eficaces de vigilancia e instituciones que puedan responder y actuar ante tal información. La mayoría de las veces estas estrategias deben ser aplicadas en tándem. Fundamental para estas estrategias es el entendimiento y análisis sistemático de los componentes del sistema a ser manejado y, por consecuencia, se requiere de importantes esfuerzos en investigación.

La identificación y gestión de la retroalimentación y variables lentas en los SSE es, consecuentemente, un principio fundamental para entender y evaluar la resiliencia de los SSE. Dada su importancia, existe la necesidad de:

- 1) Mapear y evaluar cuáles son las variables clave que afectan a un determinado SSE, y cuáles son las reacciones involucradas. ¿Estas reacciones afectan al SSE global? (Es decir, ¿son lineales, no lineales, positivas, negativas, etc.?)
- 2) Una vez mapeados y evaluados, comprender si faltan algunos patrones de retroalimentación, y cuáles son los principales patrones necesarios y con potencial para cambiar con el fin de aumentar o disminuir la resiliencia del SSE global a perturbaciones específicas.

Una reflexión final

Las discusiones incluidas en el presente volumen se centran en la identificación, descripción, análisis y caracterización de las interrelaciones entre la diversidad de componentes de SSE, su conectividad y sus relaciones funcionales (es decir, patrones de retroalimentación y la identificación de variables lentas de cambio que pueden afectar a la SSE Global). Este capítulo busca introducir al lector al marco analítico general que le da coherencia teórica a todo el libro. El análisis de los SSE está tomando importancia en las esferas internacionales de investigación. Sin embargo, existe un requerimiento especial al momento de adoptar este marco analítico en las investigaciones tradicionales que lidian con la interface hombre-naturaleza. La complejidad que implica el estudio de los SSE requiere de aproximaciones académicas no tradicionales. El enfoque 'multidisciplinario' no es suficiente para adoptar un enfoque de análisis de Sistemas Socioecológicos, debido a que las habilidades y herramientas requeridas para entender a profundidad los SSE, van más allá del conocimiento compartimentado y diálogo ocasional que normalmente se considera como "interdisciplinariedad" en las comunidades académicas.

Dentro del contexto de SSE, existe una clara necesidad de una estrecha integración de métodos y disciplinas. El mejor entendimiento de los problemas actuales, así como su potencial resolución, involucra necesariamente la aplicación de enfoques multi-metodológicos innovadores. Por ejemplo, enfoques multimetodológicos cercanos al análisis de los SSE han contribuido a mejorar la comprensión de la importancia socioecológica de los pastizales (véase por ejemplo: Anderies, *et al.*, 2002), los sistemas de riego (véase por ejemplo: Anderies, *et al.*, 2013; Baggio, *et al.*, 2015; Janssen, *et al.*, 2011a; Janssen, *et al.*, 2011b; Janssen, *et al.*, 2013), la conservación y manejo de corredores para la biodiversidad (véase por ejemplo: Baggio, *et al.*, 2011; Büscher y Schoon, 2009; Salau, *et al.*, 2012; Schoon, 2013; Schoon, *et al.*, 2014), y los cultivos forrajeros (véase por ejemplo: Janssen y Hill, 2014). Sin embargo, la aplicación de enfoques de investigación similares está limitada al ámbito de la investigación, los métodos utilizados y la disponibilidad de fondos. Aun con estas limitaciones, algunos estudios recientes (que también pueden ser ilustrados por algunos casos presentados en este libro) han combinado los datos empíricos derivados de estudios de caso y/o experimentos con modelos computacionales (Janssen y Ostrom, 2006; Baggio y Janssen, 2013; Janssen y Baggio, 2016).

Estudiar en los Sistemas Socioecológicos, es una invitación a reflexionar acerca de que sólo una auténtica interdisciplinariedad, tendiente incluso a la transdisciplinariedad, puede aumentar nuestra comprensión de tales sistemas. Integración de métodos múltiples y diferentes disciplinas, comprensión dinámica dentro y entre los agentes sociales y los sistemas ecológicos, la comprensión de la importancia de la tecnología y los factores contextuales, es crucial para evitar la práctica política de percances y consecuencias no deseadas. Asimismo, es esencial para derivar políticas públicas y esfuerzos de manejo, conservación, adaptación o mitigación de los efectos de los cambios actuales que puedan ser implementados en la realidad, y que deriven beneficios tanto sociales como ecológicos. Sin una verdadera integración disciplinar y metodológica no sería posible concebir políticas sólidas que minimicen el riesgo asociado con la incertidumbre relativa

al comportamiento humano o los riesgos asociados a los cambios ambientales y ecológicos actuales.

Referencias

- Anderies, J. M., Janssen, M. A., y Walker, B. H. (2002). Grazing management, resilience, and the dynamics of a fire-driven rangeland system. *Ecosystems*, 5(1), pp. 23–44.
- Baggio, J.A. y Janssen, M.A. (2013). Comparing agent-based models on experimental data of irrigation games. En R. Pasupathy, S.-H. Kim, A. Tolk, R. Hill, y M. E. Kuhl (Eds), *Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference*, pp. 1742-1753.
- , (2011). Agent-Based Modelling and Simulations. En R. Baggio y J. Klobas (Eds.), *Quantitative research methods en tourism: a handbook*, Channelview, Bristol, pp. 99-219.
- , y Papyrakis, E. (2014). Agent Based Simulations of Subjective Well- Being. *Social Indicators Research*, 115(2), pp. 623-635
- , Rollins, N. D., Pérez, I., y Janssen, M. A. (2015b). Irrigation experiments en the lab: Trust, environmental variability, and collective action. *Ecology and Society*, 20(4).
- , Salau, K., Janssen, M. A., Schoon, M. L., y Bodin, Ö. (2011). Landscape connectivity and predator-prey population dynamics. *Landscape Ecology*, 26(1), pp. 33-45.
- , Brown, K., Hellebrandt, D. (2015). Boundary Object or Bridging Concept? A Citation Network Analysis of Resilience. *Ecology and Society*. 20(2), p. 2.
- , Hillis, V. (2016). Success biased imitation increases the probability of effectively dealing with ecological disturbances. En *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference*, T. M. K. Roeder, P. I. Frazier, R. Szechtman, y E. Zhou, (eds).
- Barnes-Mauthe, M., Arita, S., Allen, S. D., Gray, S. A., Leung, P. S. (2013). The influence of ethnic diversity on social network structure. En *A common-pool resource system: implications for collaborative management*. *Ecology and Society*, 18 (1), p. 23.
- Biggs R, Schlüter M, Biggs D, Bohensky EL, BurnSilver S, Cundill G, Dakos V, Daw TM, Evans LS, Kotschy K, Leitch AM. (2012). Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annual Review of Environment and Resources*. 37, pp. 421-48.
- , Schlüter, M., y Schoon, M. L. (Eds.). (2015a). *Principles for building resilience: sustaining ecosystem services en social-ecological systems*. Cambridge University Press.
- Biggs O., Gordon, L., Raudsepp-Hearne, C., Schluter, M., Walker, B. (2015b). Principle 3: Manage slow variables and Feedbacks. En Biggs O., Schlüter, M., y Schoon, M. (Eds), *Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services*. Cambridge University Press.
- Bodin, Ö., y Crona, B. I. (2009). The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global environmental change*, 19(3), pp. 366-374.
- , Crona, B., y Ernstson, H. (2006). Social networks in natural resource management: what is there to learn from a structural perspective? *Ecology and Society*, 11(2), p. r2.

---, y Norberg, J. (2005). Information network topologies for enhanced local adaptive management. *Environmental Management*, 35(2), pp. 175-193.

---, y Prell, C., (eds.) (2011). *Social networks and natural resource management: uncovering the social fabric of environmental governance*, Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

---, G. Robins, R. R. J. McAllister, A. Guerrero, B. Crona, M. Tengö, y M. Lubell. (2016). Theorizing benefits and constraints in collaborative environmental governance: a transdisciplinary social-ecological network approach for empirical investigations. *Ecology and Society*, 21(1) p. 40.

---, y Tengö, M. (2012). Disentangling intangible social-ecological systems. *Global Environmental Change*, 22(2), pp. 430-439.

Boyd, E. y Folke, C., eds. (2011). *Adapting Institutions: Governance, Complexity and Social-Ecological Resilience*, Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Büscher, B., y Schoon, M. (2009). Competition over conservation: collective action and negotiating transfrontier conservation en southern Africa. *Journal of International Wildlife Law y Policy*, 12(1-2), pp. 33-59.

Calderón-Contreras, R., (2010). Between Environmental Policy and Scientific Knowledge: How Might Dryland Environments Challenge Ideas Regarding Ecological Dynamics? *Ciencia Ergo Sum*, 17(1), pp. 81–87.

---, (2016). El rol de las Áreas Naturales Periurbanas para la Resiliencia al Cambio Climático de las Metrópolis: El Caso de la Ciudad de México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 25, pp. 69–79.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A. *et al.* (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, pp. 59-67.

Carpenter, S. R. y Brock, W. A. (2004). Spatial complexity, resilience and policy diversity: fishing on lake-rich landscapes. *Ecology and Society*, 9 (1), p. 8.

---, Walker, B. H., Anderies, J. M., Abel, N. (2001). From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, 4, pp. 765-781.

Crona, B., y Bodin, Ö. (2006). What you know is who you know? Communication patterns among resource users as a prerequisite for co-management. *Ecology and Society*, 11(2), p. 7.

Dakos, V., Quinlan, A., Baggio, J.A., Bennett, E., Burnsilver, S., Bodin, Ö. (2015). Principle 2: Manage Connectivity. En Biggs O., Schlüter, M., y Schoon, M. (Eds), *Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services*. Cambridge University Press.

Deffuant, G., Huet, S., y Amblard, F. (2005). An Individual-Based Model of Innovation Diffusion Mixing Social Value and Individual Benefit 1. *American Journal of Sociology*, 110(4), pp. 1041-1069.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16, pp. 253-267.

---, Carpenter, S. R., Walker, B. H. *et al.* (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15 (4), p. 20.

Gunderson, L. H. y Holling, C. S., eds. (2002). *Panarchy: Understanding transformations en human and natural systems*. Island Press. Washington, D.C.

---, Holling, C. S., Light, S. S. (1995). Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions. Columbia University Press. Nueva York. E.U.A.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, pp. 1-23.

---, (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, 4, pp. 390-405.

---, (2004). Foreword: The backloop to sustainability. *Navigating social-ecological systems. Building resilience for complexity and change*, pp. 33-47.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Janssen, M. A., y Hill, K. (2014). Benefits of Grouping and Cooperative Hunting Among Ache Hunter–Gatherers: Insights from an Agent-Based Foraging Model. *Human Ecology*, 42(6), pp. 823-835.

---, y Ostrom, E. (2006). Empirically based, agent-based models. *Ecology and Society*, 11(2), p. 37.

---, Anderies, J. M., y Cardenas, J. C. (2011a). Head-enders as stationary bandits en asymmetric commons: Comparing irrigation experiments in the laboratory and the field. *Ecological Economics*, 70(9), pp. 1590–1598.

---, F. Bousquet, J.-C. Cardenas, D. Castillo, and K. Worapimphong. (2012). Field experiments on irrigation dilemmas. *Agricultural Systems* 109, pp. 65-75.

---, J. M. Anderies, and S. R. Joshi. (2011b). Coordination and cooperation en asymmetric commons dilemmas. *Experimental Economics*, 14(4), pp. 547-566

---, y Baggio, J.A. (2016) Using Agent-Based Models to Compare Behavioral Theories on Experimental Data: Application for Irrigation Games. *Journal of Environmental Psychology*, doi: 10.1016/j.jenvp.2016.04.003

Kotschy, K., Biggs O., Daw, T., Folke, C., West, P. (2015). Principle 1: Maintain Diversity and Redundancy. En Biggs O., Schlüter, M., and Schoon, M. (Eds), *Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services*. Cambridge University Press.

Levin, S. (2003). Complex adaptive systems: exploring the known, the unknown and the unknowable. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 40(1), pp. 3-19.

- , (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems*, 1(5), pp. 431-436.
- , (1999). *Fragile Dominion: Complexity and the Commons*. Perseus Books. Nueva York.
- , Xepapadeas, T., Crépin, A. S. *et al.* (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18 (02), pp. 111-132.
- McAllister, R. R., Gordon, I. J., Janssen, M. A., Abel, N. (2006). Pastoralists' responses to variation of rangeland resources en time and space. *Ecological Applications*, 16, pp. 572–583.
- McCann, K. S. (2000). The diversity-stability debate. *Nature*, 405, pp. 228-233.
- Moore, M.-L., O. Tjornbo, E. Enfors, C. Knapp, J. Hodbod, J. A. Baggio, A. Norström, P. Olsson, y D. Biggs. (2014). Studying the complexity of change: toward an analytical framework for understanding deliberate social-ecological transformations. *Ecology and Society*, 19(4): p. 54.
- Nelson, M. C., Hegmon, M., Kulow, S. R. *et al.* (2011). Resisting diversity: a long-term archaeological study. *Ecology and Society*, 16 (1), p. 25.
- Norberg, J. y Cumming, G. S., eds. (2008). *Complexity theory for a sustainable future*. Columbia University Press. Nueva York, E.U.A.
- Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press. Princeton, Nueva Jersey.
- , (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325 (5939), pp. 419-422.
- Salau, K., Schoon, M. L., Baggio, J. A., y Janssen, M. A. (2012). Varying effects of connectivity and dispersal on interacting species dynamics. *Ecological Modelling*, 242, pp. 81-91.
- Scheffer, M. (2009). *Critical transitions en nature and society*. Princeton University Press. Princeton, Nueva Jersey.
- , Carpenter, S. R., Foley, J. A., Folke, C., Walker, B. H. (2001). Catastrophic shifts en ecosystems. *Nature*, 413, pp. 591-596.
- Schoon, M. (2013). Governance en transboundary conservation: How institutional structure and path dependence matter. *Conservation and Society*, 11(4), p. 420.
- , Baggio, J.A., Salau, K. y Janssen, M. (2014). Insights for Managers from Modeling Species Interactions across Multiple Scales. En *An Idealized Landscape*. *Environmental Modeling and Software*, 54, pp. 53-59.
- Tainter, J. A. (2006). Archaeology of overshoot and collapse. *Annual Review of Anthropology*, 35, pp. 59-74.
- Walker, B. H, Barrett, S., Polasky, S. *et al.* (2009). Looming Global-Scale Failures and Missing Institutions. *Science*, 325 (5946), pp. 1345-1346.

---, y Salt, D. (2006). Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people. En A changing world. Island Press. Washington D.C.

---, y Salt, D. (2012). Resilience Practice: Building capacity to absorb disturbance and maintain function. Island Press. Washington D.C.

---, Holling, C. S., Carpenter, S. R., Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability en social-ecological systems. Ecology and Society, 9 (2), p. 3.

I. Efectos socioecológicos de problemas globales

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

Bernardo Bolaños Guerra

Profesor-Investigador

Departamento de Humanidades

Licenciaturas en Humanidades y Derecho

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

Agradezco los comentarios de Rafael Calderón Contreras a una versión previa de este estudio.

Introducción

La Organización Internacional de las Migraciones propone la siguiente definición de migrantes ambientales: "son personas o grupos de personas que, por razón de cambios súbitos o progresivos en el ambiente que afectan negativamente sus vidas o condiciones de vida, están obligados a dejar sus hogares habituales o deciden hacerlo, ya sea temporal o permanentemente, y que cambian de residencia, ya sea al interior de sus países o fuera de ellos" (OIM 2007, pp. 1-2). Obsérvese que se incluye tanto a quienes migran por sequías prolongadas como a quienes lo hacen por huracanes repentinos, a quienes cambian de residencia dentro de sus países (la mayoría) y a quienes se dirigen al extranjero (una minoría). Se incluye tanto a desplazados forzados (contra su voluntad) como a quienes eligen voluntariamente mejorar su calidad de vida cuando ésta ha sido afectada por escasez de agua u otros factores de pérdida de confort. Pero, por el requisito de "afectación negativa", la definición citada no considera como migrantes ambientales a quienes logran salir de su aislamiento geográfico gracias a un mejoramiento del clima (como los vikingos de los siglos X y XI, gracias al periodo cálido medieval).

La agencia de la ONU para los Refugiados (ACNUR por sus siglas en español) admite que para el 2050 podrían verse forzadas a dejar sus hogares y migrar a otra región, o incluso a otro país, entre 250 y mil millones de personas, sólo producto del cambio climático (Tsuchida, 2008). A ello debemos sumar otros factores expulsivos de personas relacionados con el ambiente, como son la construcción de megaproyectos (como presas o canales interoceánicos) y la compra por parte de Estados y compañías transnacionales de grandes extensiones de tierra para cultivos que prescinden de socioecosistemas locales (Sassen, 2014; Akram-Lodhi, 2015). Así, para los efectos de este capítulo, incluiremos entre los migrantes ambientales a las personas que cambian de residencia inducidos por procesos hidrometeorológicos (inundaciones, tornados), desertificación, erosión o contaminación. Pero, como veremos en el caso de Brasil, la transformación de los ecosistemas por efecto de la agroindustria (monocultivo de soya, principalmente) y de la construcción de presas hidroeléctricas, también ha desembocado, en última instancia, en migración que ha sido equiparada al resto de los desplazamientos ambientales. En muchos casos puede ser difícil distinguir a los migrantes ambientales de los migrantes económicos. Por ejemplo, las sequías prolongadas y la transformación del mercado agrícola por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, coexisten como causas ambiental y económica, respectivamente, de la migración desde Zacatecas y San Luis Potosí, México. Pero frente a estos casos borrosos, hay otros claros; pensemos en la "fuga de cerebros" como caso típico de migración económica no ambiental, pues profesionistas y científicos altamente calificados suelen tener acceso a mejores empleos en el extranjero.

La abundante literatura sobre "refugiados ambientales" y desplazamiento de poblaciones inducido por el cambio climático no ha abordado con suficiente detenimiento los socioecosistemas de origen. El debate se ha centrado más bien en estadísticas prospectivas del número de personas que migrarán en las próximas décadas, así como en aspectos jurídicos: ¿existe un derecho humano a recibir refugio, dada la vulnerabilidad ambiental en el lugar de residencia? (Loewe, 2010; Loewe, 2013). Desgraciadamente, estas preguntas abstractas de

filósofos y juristas tienen poca aplicación práctica inmediata, pues el derecho internacional no reconoce el refugio por desplazamiento inducido por cuestiones ambientales.¹

Como veremos, una manera de sensibilizar a los gobiernos y a las organizaciones internacionales de la importancia de proteger a los desplazados por motivos ambientales, es mediante el enfoque de socioecosistemas. Éste es menos abstracto que los estudios filosóficos sobre justicia ambiental y menos controvertido que los análisis sobre biocolonialidad. Él permite ver los beneficios recíprocos de la conectividad entre socioecosistemas sanos. Aspira a ser más concreto y aplicable a casos prácticos que los enfoques construccionistas sociales y las teorías del actor-red.

Recordemos que muchas de las discusiones a nivel internacional, especialmente relacionadas con los países-isla que se hunden por la elevación del nivel del mar, enfatizan que los esfuerzos por mitigar el cambio climático tienen que estar basados en el derecho de los pueblos vulnerables a vivir sin incertidumbre, es decir, a tener la posibilidad de conservar sus socioecosistemas, a adaptarlos o incluso a transformarlos. Si logramos avanzar en la formulación de modelos y principios rigurosos desde el enfoque de socioecosistemas, quizá tendrían viabilidad las negociaciones hacia un nuevo derecho de refugiados que proteja a los desplazados ambientales.

La idea central es que los ecosistemas ofrecen servicios ambientales (como acceso a agua fresca, suelo fértil o fuentes de energía) que pueden prevenir o, al menos, hacer sustentable la migración. Otra premisa fundamental del enfoque es que pueden elaborarse políticas que promuevan un tipo de migración que convenga a los migrantes, a las comunidades de origen y a las de destino. Entre los desafíos teóricos está responder a la pregunta de si la migración de las personas es una forma de adaptación y/o un punto de inflexión ("tipping point") de los socioecosistemas.

En la siguiente sección, abordaremos la reciente literatura que considera a la migración como una forma de resiliencia. Luego, en una sección más detallada, describiremos las ventajas del marco teórico de socioecosistemas, analizando principalmente los casos de México y Brasil.

La migración como un mecanismo de resiliencia

Desde la ecología política, la migración ambiental está siendo crecientemente considerada como un problema de sustentabilidad ambiental e, incluso, algunos llegan a calificarla directamente como una forma de resiliencia. Luego de que Holling (1973) acuñara el concepto, se diferenció la resiliencia como grado de perturbación que un sistema físico puede soportar, manteniendo su equilibrio (engineering resilience), de la resiliencia como adaptación (ecological resilience). En este segundo caso, preservar el equilibrio no es lo esencial, importa que las relaciones fundamentales se conserven y el sistema mantenga sus funciones básicas (Walker and Cooper, 2011; Methmann, 2015, p. 54). En nuestros días, existe un tercer concepto de resiliencia, precisamente de corte socioecológico: la resiliencia como transformación. Ya no se trata solamente de "ser fuerte frente a las perturbaciones, sino también de afrontar las oportunidades

que surjan, en términos de auto-organización, recombinación y surgimiento de nuevas trayectorias" (Bourbeau, 2013, p. 8).

De acuerdo con los enfoques que ven a la migración como un mecanismo de resiliencia de transformación, irse, partir, puede ser el fenómeno que mejor muestre el punto de inflexión de un socioecosistema. Aquellos campesinos que ya no pueden arrancarle a la tierra su sustento y viajan a la ciudad, o los isleños que preparan su partida ante el hundimiento progresivo de su región, deben experimentar una metamorfosis, unirse con otros, buscar aliados externos, reinventar un plan de vida.

Sin embargo, han surgido críticas a la noción de migración ambiental como resiliencia de transformación. Desde la noción de "gubernamentalidad" de Foucault, Methmann (2015) se pregunta si la resiliencia de transformación no es un mero discurso que culpe a los migrantes forzados y los trate como responsables de su destino, en vez de víctimas. Recordemos que, para Foucault, la gubernamentalidad es una manera de controlar a las personas a través de instituciones, análisis técnicos y cálculos estadísticos (típicamente desde la economía política) (Foucault, 2006; Bolaños, 2015b). Según Methmann, la retórica de la resiliencia es parte de la gubernamentalidad y usa un lenguaje de progreso y transformación para ocultar las pérdidas y los daños. Así, se elude el enfoque basado en derechos humanos y, por lo tanto, se eliminan las bases conceptuales desde las cuales los damnificados podrían exigir que se les indemnice o que se respete su derecho a migrar. "En segundo lugar, la responsabilidad de la resiliencia es atribuida a las víctimas potenciales de los efectos del cambio climático" (Methmann, 2015, p. 64).

La crítica anterior parece estar apoyada por un hecho constatable: en la academia y la política se habla cada vez menos de "refugiados ambientales" para hablar cada vez más de "resiliencia de las poblaciones". Mientras que en 1990 el panel intergubernamental de expertos sobre cambio climático de la ONU se expresaba con preocupación por el desplazamiento ambiental de millones de personas, a partir del 2007 se emplea un tono menos catastrófico y jurídico y se hace referencia a la resiliencia de las poblaciones dentro de sus países (Morrissey, 2009; Tacoli, 2009; Warner, *et al.*, 2010; Bettini, 2013). Y, recordemos, dicho panel no es un conjunto neutro y objetivo de científicos, sino también un espacio de negociación política. Por lo tanto, los críticos de las teorías de la migración como resiliencia tienen cierta razón; aunque, como veremos, es posible seguir hablando de los derechos a la compensación y a la movilidad de los desplazados ambientales, al tiempo que se estudie y fomente su resiliencia.

Entre las causas ambientales emblemáticas que provocan migración, se encuentran, por orden de personas desplazadas: la degradación de la calidad del suelo, las sequías, la deforestación, las inundaciones y fenómenos hidrometeorológicos como huracanes (Reuveny, 2007, p. 661). Curiosamente, mientras que los episodios que afectan a más personas ocurren en lugares como Bangladesh y la región del Sahel, el desplazado ambiental más famoso del mundo es quizá Ioane Teitiotas, ciudadano de Kiribati, isla del Pacífico amenazada con desaparecer por el aumento del nivel del océano. La prensa ha retomado la noticia de que un tribunal neozelandés rechazó la demanda de refugio de Teitiotas.² Sin embargo, otras tragedias no reciben atención de los medios.

Es cada vez más claro que muchos conflictos armados actuales están siendo motivados en gran medida por la vulnerabilidad ambiental. Siria, por ejemplo, sufrió entre 2006 y 2011 una grave y prolongada sequía en la mitad del territorio, atípica si se la compara con los registros históricos. Aproximadamente, 85% del ganado murió. Cientos de miles de campesinos perdieron sus tierras y migraron a las ciudades (Kelley 2015). Posteriormente, como sabemos, estalló la guerra civil, las potencias mundiales intervinieron militarmente y millones de siríes migraron a Líbano, Turquía e intentan hacerlo a Europa. Este ejemplo muestra, de manera trágica, los límites del concepto de resiliencia de transformación, cuando las fronteras son selladas contra la migración. La resiliencia de transformación no existe sin visas.

En el resto del presente capítulo, nos centraremos en el estudio comparado de las migraciones inducidas por causas ambientales en México y Brasil, para ejemplificar de manera concreta la utilidad del enfoque de socioecosistemas. Ambos países latinoamericanos han sido siempre propicios para el análisis comparado, debido a sus semejanzas de escala y desarrollo.

Aportación de los estudios migratorios a la comprensión de los socioecosistemas: los casos de México y Brasil.

De la biodiversidad a la socioecodiversidad

La migración de mexicanos, ambientalmente inducida, ha sido estudiada por motivos de carácter científico y político: existen datos que muestran la progresiva desertificación del norte de México y, por otro lado, Estados Unidos teme que el cambio climático aumente la ya de por sí gran diáspora mexicana en su territorio (Shuaizhang, Kruegera y Oppenheimer, 2010; Oswald-Spring, 2014; Aragonés, 2015). Uno punto tres millones de campesinos mexicanos dejaron el campo entre 1994 y 2004, principalmente porque las importaciones de maíz provenientes de Estados Unidos abarataron el precio del grano pero, a cambio, México diversificó su economía (antes concentrada en el petróleo) y amplió su cobertura en educación y salud. De acuerdo con las teorías de la resiliencia de transformación, los campesinos mexicanos podrían ser considerados como resilientes, pues migraron y muchos se transformaron en mexicoamericanos. Las remesas que envían estos migrantes a su país de origen son, además, estrategias de diversificación económica para sus familias y para el Estado. Esto es relevante para nuestro tema, pues el grado de diversidad presente en un socioecosistema determina si existen opciones para enfrentar cambios y perturbaciones. Por lo tanto, si la diversidad contribuye a que un sistema sea resiliente (Folke, Colding y Berkes, 2003; Norberg y Cumming, 2008; Kotschy, *et al.*, 2015), un país con una diáspora que envía remesas es más resiliente que otro que sólo depende del mercado interno.

Más allá de las divisas enviadas por residentes en el extranjero, las sociedades que logran usar sus recursos naturales para crecer son precisamente las que diversifican en general sus estrategias de sustento. De 65 países en vías de desarrollo con abundantes recursos naturales, sólo cuatro (Botswana, Indonesia, Malasia y Tailandia) han conseguido invertir a largo plazo más del 25% de su PIB y logrado crecer a más del 4%. ¿Qué es lo que los distingue? La multiplicidad de fuentes de ingreso y la superación de la explotación meramente extractiva de los ecosistemas. Junto a la riqueza en diamantes de Botswana, los tres países asiáticos mencionados por sus riquezas naturales han conseguido invertir y crecer gracias a la diversificación económica y a la industrialización (Van der Ploeg, 2011, p. 368; Gylfason, 2001). En cambio, 61 países en desarrollo bendecidos por la geografía no han conseguido beneficiarse plenamente de ella.

Solemos pensar que la selva tropical se ve amenazada por la industrialización, pero una parte de la deforestación acelerada suele más bien ser un producto del subdesarrollo. Mientras que en Europa y América del Norte la urbanización e industrialización han contribuido a la transición forestal (el paso de la deforestación de bosques a la forestación), éste no ha sido el caso en Brasil. Ni siquiera el aumento en la extensión de los bosques cercanos a las zonas urbanas ha aliviado parcialmente la pérdida de biodiversidad (Baptista y Rudel, 2006).

Entre los años 60 del siglo XX y las primeras décadas del XXI, más de 8 millones de migrantes provenientes del noreste de Brasil dejaron sus hogares para dirigirse tanto a las grandes ciudades como a la Amazonia, expulsados por sequías, degradación de la tierra y deforestación (sumadas a la pobreza y desigualdad) (Alston, Libecap y Mueller, 2001; Bilsborrow, 2002). Los más recientes de estos migrantes abandonaron el campo en las últimas décadas por la expansión de la agroindustria, estableciéndose en las ciudades (Welch, 2006). A diferencia de los campesinos mexicanos exiliados, los brasileños permanecieron en su país y fueron apoyados con ayudas económicas gubernamentales. Desgraciadamente, la situación brasileña se ha mostrado frágil frente a la caída de precios de sus exportaciones a partir del 2011, sufriendo la peor recesión de la historia reciente. El diagnóstico de los economistas coincide en la falta de diversificación económica y de industrialización.

Así, la diferencia entre México y Brasil se explica, en parte, por la relación de cada país con sus recursos naturales. La abundancia de estos recursos contribuye a la apreciación de la moneda local, a la contracción del sector industrial y a la expansión de los sectores no comerciales (con el riesgo de caer en el "extractivismo") (Van der Ploeg, 2011, p. 373), todo lo cual ha sido observado en Brasil. En cambio, la desertificación progresiva del norte de México ha sido, paradójicamente, un incentivo para promover la industria manufacturera, además de la migración a Estados Unidos. Es probable que una gran proporción de migrantes mexicanos sean refugiados ambientales. Cuando las condiciones del agro ya no son suficientes para mantener poblaciones rurales en México, no hay más opción que migrar. Dicha migración y la diversificación económica del país hacia las manufacturas, son lo que los teóricos llaman resiliencia (de transformación y adaptación, respectivamente). Es probable que los enormes recursos naturales de Brasil, no acompañados de diversificación, hagan de él un país poco resiliente que, en última instancia, compromete sus ecosistemas. La paradoja que debe ser cuidadosamente estudiada por

futuras investigaciones es, si un Brasil más industrializado dispondría de los recursos para evitar la migración ambiental y detener la deforestación de la Amazonia (paradoja, pues se suele considerar a la industrialización como una causa de la devastación ambiental).

¿Es posible profundizar en estos temas a partir del enfoque de socioecosistemas? La literatura en socioecosistemas distingue tres componentes específicos de la diversidad: variedad (¿Cuántos elementos?), balance (¿Cuántos individuos de cada elemento?) y disparidad (¿Qué tan diferentes son los elementos entre sí?). Por otro lado, podríamos tratar de clasificar históricamente a las sociedades humanas de acuerdo con la proporción de su población migrante. Que una sociedad sea más o menos proclive a la migración no tiene que ver con una "esencia" o identidad cultural fija (como la atribuida a los gitanos), sino más bien con factores geográficos e históricos cambiantes: abundancia de tierra; existencia de relaciones coloniales como las que llevan a miles de jamaíquinos y argelinos a vivir en Londres y París; programas de trabajadores temporales que crean diásporas (turcos y mexicanos en Alemania y Estados Unidos). A su vez, los países con tradición migratoria pueden ser subdivididos en receptores o expulsores de personas. A diferencia de la visión tradicional que concebía a cada nación dentro de un Estado y un territorio, estos enfoques nos llevan a tomar en cuenta a "naciones transfronterizas" (Imaz, 2006). Así, por ejemplo, México tenía 116 millones de habitantes en 2013, con más 13 millones de ellos en el extranjero. Una sociedad parcialmente exportadora de sus ciudadanos, como la mexicana, es más "variada" que una más sedentaria, como Brasil (con sólo 1 millón 750 de sus ciudadanos residiendo en el extranjero) (PMI, 2013). Decimos que tener una diáspora proporcionalmente mayor significa ser más "variado" porque los habitantes del país y los exiliados acaban diferenciándose en su vida económica y cultural (un rancharo jalisciense en Chicago no posee las mismas estrategias de supervivencia que sus paisanos residentes en Jalisco).

Hemos hablado de emigrantes, pero lo mismo ocurre con el número de inmigrantes; éstos representan un rasgo de "variedad" (primer aspecto de la diversidad). En este sentido, México también es más "variado" que Brasil: en 2013, había 1 millón 103 mil extranjeros en el primero y sólo 600 mil en el país sudamericano lusoparlante. Sin embargo, en el segundo aspecto de la diversidad, el "balance", Brasil se encuentra mejor situado, pues no es un enorme expulsor de migrantes, como hasta hace una década lo fue México. Brasil está más "balanceado" porque no presenta una desproporción abrumadora de emigrantes con respecto a inmigrantes. Finalmente ¿qué país tiene una población más "dispar" desde el punto de vista de la migración? Brasil cuenta con inmigrantes portugueses, sudamericanos y japoneses, principalmente, y exporta su talento humano (aunque en pocas cantidades) a Japón, Estados Unidos, Europa Occidental y China, sobre todo. Por su parte, México recibe y envía inmigrantes de y hacia Estados Unidos, muy por encima de cualquier otro país (PMI, 2013).

En resumen, México podría ser considerado más resiliente en el sentido de resiliencia como transformación, si consideramos exclusivamente la cantidad de migrantes que han dejado las zonas áridas. Pero Brasil, país ecológicamente estratégico para la sustentabilidad ambiental del planeta, está llamado a ser resiliente en cuanto a conservación y adaptación. Es fundamental impedir la transformación de la Amazonia en una Sabana. Ante las crisis, México cuenta con la

ayuda de las remesas provenientes de Estados Unidos y también recibe permanentemente a talentos estadounidenses que apoyan su crecimiento económico. Los brasileños, por su parte, son menos dependientes de un sólo país, que México. Es fácil imaginar las situaciones en las que ambas estrategias pueden fallar. Si políticas xenófobas se implementan contra México en Estados Unidos por el triunfo de un gobierno populista (crisis política), las pérdidas serán muy grandes por la falta de "balance" y "disparidad positiva". Por otro lado, si una crisis azota a Brasil, la falta de cultura migratoria se echará de menos, pues muy pocos brasileños podrán recurrir a un familiar en el extranjero.

Biculturalidad de las diásporas como conexión

La conectividad es el modo y la fuerza con la que los elementos de un socioecosistema interactúan (es decir, alude a fenómenos como el metabolismo, la comunicación, etc). Los corredores para que la fauna migre entre áreas naturales (ecoductos o puentes verdes sobre las carreteras, por ejemplo) y la cercanía de unos arrecifes de coral con otros, o con manglares, son ejemplos de conectividad para la movilidad animal. Poblaciones frágiles pueden sobrevivir si están suficientemente conectadas y viceversa. En la India y Bangladesh, los tigres de Bengala están en gran riesgo porque permanecen muy alejados entre sí, en pequeños números dentro de cada área natural protegida.

Pero la conectividad no es un valor absoluto sino que debe ponderarse con la diversidad. Construir carreteras en poblados pobres de la selva amazónica ha significado, por ejemplo, migración ambiental y deforestación de las áreas de destino (Bilsborrow, 2015, p. 31). O, por ejemplo, ante la epidemia causada por un pulgón de la vid llamado filoxera (*Dactyloshpaera vitifoliae*) en Francia, a mediados del siglo XIX, la existencia de viñedos muy aislados de éste en el Nuevo Mundo, permitió salvar de la extinción a valiosas cepas de vino que luego fueron reintroducidas en Francia. Mayor conexión entre viñedos mundiales habría producido pérdidas definitivas. En nuestros días, los viajes en avión y las exportaciones por barco suponen una excesiva conectividad que distribuye plagas por el mundo entero, afectando la diversidad casi a la misma escala que la desaparición de bosques.

Volvamos ahora a la conectividad de las poblaciones humanas. Más allá de los recursos naturales, existen otras formas de capital (financiero, social, etc.) que pueden perderse por exceso de conectividad; la globalización muestra patologías muy contagiosas como las crisis financieras, el aumento de precios de los alimentos y el terrorismo (Dakos, *et al.*, 2015; Feixa y Nilan, 2006).

Poder desalojar a 50 mil personas de Manzanillo, México, y sus alrededores en vísperas del huracán Patricia, en 2015, es ejemplo de conectividad en el territorio mexicano. Quizá no se habría logrado en los estados de Guerrero o Chiapas, donde hay comunidades aisladas y políticamente divididas (guardias comunitarias, enfrentamientos de ganaderos contra municipios indígenas).

Existe una diferencia importante entre fuentes (sources) y sumideros (sinks) de los socioecosistemas. "Las fuentes son las partes de los sistemas que producen o mantienen recursos, mientras que los sumideros son porciones que no lo hacen" (Dakos, *et al.*, 2015, p. 85). Por ejemplo, algunos arrecifes funcionan como criaderos de peces y larvas, mientras que otros arrecifes reciben larva para poblar su propia comunidad de peces. Fuentes y sumideros, respectivamente. Obviamente, la conexión entre éstos es fundamental. Las fuentes permiten la resiliencia de las especies que van a los sumideros. En los socioecosistemas, esta distinción coincide con la de lugares de origen y de destino de los migrantes. El territorio mexicano fue, durante décadas, la fuente de migrantes que luego viajaban a Estados Unidos. Pero no todos los lugares de origen son necesariamente fuentes en sentido ecológico. Como se sabe, existen en México algunos municipios habitados principalmente por ancianos, pues los adultos económicamente activos migraron a Estados Unidos y, en muchos casos, no regresaron, dadas las restricciones a la migración circular indocumentada (Contreras 2013). Pero en los casos en los que la migración temporal de trabajadores es compatible con la vitalidad de los lugares de origen, sí es útil emplear las nociones de fuente y sumidero. Éstas permitirían evaluar la salud de los socioecosistemas con tradición migratoria. Desde el enfoque de socioecosistemas deben ser lanzadas investigaciones empíricas que se pregunten: ¿Los lugares de origen de los trabajadores temporales logran mantener escuelas y clínicas de calidad, con niños, mujeres y ancianos felices? ¿Qué municipios expulsores de migrantes perecen como comunidades y cuáles se fortalecen?

Las teorías de la migración tradicionales no recurren a esos criterios. Y no se trata de renunciar al pensamiento crítico y comprometido con los derechos humanos de los migrantes, pues incluso el enfoque de socioecosistemas muestra que, durante décadas, el trabajo indocumentado fue "sano" en el sentido de sostener la migración circular y aportar remesas a florecientes comunidades locales. Consideremos que el llamado "milagro mexicano" coincidió en buena medida con la época dorada del Programa Bracero (1942-1964). Aunque aproximadamente 200 mil trabajadores mexicanos cruzaban la frontera legalmente cada año, el 82% de ellos no tenían la intención de permanecer en Estados Unidos (Henderson, 2011). Ambos países salían beneficiados. Sin embargo, en 1965, la superpotencia del norte diversificó su programa de visas, restringió las destinadas a los migrantes mexicanos y miles de éstos entraron en situación irregular. En 1970, llegó a su fin el "milagro mexicano" y se abrió un periodo de crisis que afectó a ambas naciones (crisis del petróleo, de la deuda, de la migración y de la frontera). Para fines del siglo XX, México había experimentado una verdadera transformación, ya no fundada en el florecimiento local con migración circular, sino en el éxodo masivo de campesinos desde el campo hacia Estados Unidos, para residir permanentemente, aunque muchos en condición indocumentada. Como se observa, las leyes de migración tienen consecuencias ambientales (no es sólo que el ambiente produzca consecuencias en la migración).

Fenómenos de retroalimentación en la migración ambiental

En los socioecosistemas existen procesos de retroalimentación que se encadenan y otros que se amortiguan (respectivamente llamados feedbacks "positivos" y "negativos", que no tienen nada que ver con el hecho de que sean virtuosos o viciosos). La retroalimentación que se auto-refuerza es la que produce y amplifica cambios en el mismo sentido: a principios del siglo XX, las olas de migración mexicana a través de enganchadores (recruiters, contracting offices, Programa Bracero), al servicio de los empleadores estadounidenses, generaron migración auto-organizada a través de la frontera mexicoamericana. En vez de enganchadores, los propios migrantes acabaron pagando los servicios de "polleros" y "coyotes". Se trató de una retroalimentación que amplificó el fenómeno mediante auto-organización.

En cambio, los feedbacks "negativos" acallan un fenómeno. El muro fronterizo entre México y Estados Unidos extendido hacia el desierto de Sonora a principios del siglo XXI, incrementó la peligrosidad y las muertes por deshidratación, por lo cual el número de migrantes disminuyó (por disuasión). Asimismo, el muro ha tenido impactos ambientales profundísimos (Cohn, 2007). En resumen, la retroalimentación entre enganchadores y migración fue expansiva, mientras que la retroalimentación entre muro fronterizo y migración fue contractiva.

La retroalimentación no es una relación lineal. Se sabe que aunque la migración hacia la Amazonia se limite a deforestar una fracción de la selva para uso agrícola y ganadero, se podría producir el colapso de su superficie total (Keller, *et al.*, 2013). La razón de ello es que un cambio parcial en el socioecosistema puede disminuir las lluvias, lo que a su vez desencadene la deforestación no querida, en un verdadero círculo vicioso.

"[...] la deforestación asociada con la migración a la Amazonia brasileña no ha tenido aún repercusiones importantes sobre el clima local (tal como una reducción en las precipitaciones), teniendo en cuenta que cerca de 15% de los bosques tropicales primarios fueron convertidos en pastizales o campos agrícolas. Sin embargo, la precipitación puede disminuir drásticamente si el área alcanza un umbral de 30-50% de la superficie total" (Bilsborrow, 2015, p. 30).

Calcular, anticipar y prevenir una retroalimentación "positiva" del ciclo migración-deforestación, es una tarea urgente de los países amazónicos. Muchos otros enfoques (decoloniales, contra la biopiratería, indigenistas, posmodernos, etcétera) podrían estar dejando de ver llegar una tragedia anunciada de dimensiones planetarias: la desaparición de la mayor selva tropical del mundo. Los principales afectados del colapso de la Amazonia no serían los países desarrollados del norte, ni las élites de origen europeo, sino los propios habitantes locales y los países del sur global. El enfoque de socioecosistemas es una herramienta para abordar este problema.

Es importante calcular los efectos de bucle de las medidas de control de la migración. Bolaños (2015a) ha señalado la gran asimetría en la vulnerabilidad de México y Estados Unidos frente a

la migración inducida por el cambio climático; asimetría no causada por factores naturales, sino políticos. Tanto el norte de México como el sudoeste de Estados Unidos tienden a desertificarse, pero mientras que la migración mexicana a Estados Unidos disminuye drásticamente, está aumentando la migración estadounidense a México. Ante tormentas de polvo y estrés hídrico en el medio oeste de Estados Unidos, algunos parajes de México son paradisiacos para cientos de miles de millonarios estadounidenses. La migración norte-sur ya está generando cambios ambientales en algunas porciones de México, algunos positivos, otros negativos. Por ejemplo, San Miguel de Allende y sus áreas naturales circundantes son objeto de medidas de protección más rigurosas que otras regiones de Guanajuato, sin presencia de estadounidenses. Ante ello, es deseable que los flujos migratorios y las inversiones fomenten círculos virtuosos y retroalimenten a las poblaciones de ambos países; pero es igualmente importante que no signifiquen la expulsión de residentes locales, ni la destrucción de ecosistemas (por ejemplo, por campos de golf, embarcaderos que destruyan arrecifes y por concreto en lugar de manglares). Hay retroalimentación virtuosa en el desarrollo de servicios de alto valor agregado, como en la migración de jubilados extranjeros que demandan cuidados y servicios médicos. En cambio, la privatización de playas por construcción de inmuebles de lujo no parece retroalimentar a los socioecosistemas locales, sino destruirlos (Bolaños, 2015).

Conclusiones y recomendaciones

Aunque la definición de migración ambiental que abrió este ensayo sea unidireccional (pues se afirma que la migración suele ser producida por causas ambientales), el enfoque de socioecosistemas muestra que la relación es bidireccional, interactiva (la migración también contribuye o afecta a la sustentabilidad). Existen desplazados por sequías y deforestación, así como existen sequías y deforestación inducidos por la migración (Bilsborrow, 2015).

Una sociedad receptora y exportadora de migrantes de y hacia diferentes partes del mundo, es más resiliente que una que sólo sea receptora o sólo exportadora de personas. Comparativamente frente a México, Brasil ha tenido enormes dificultades para enfrentar la caída internacional de los precios de sus exportaciones a partir del 2011, sin poder sentir alivio gracias a las remesas de sus ciudadanos en el extranjero. La falta de diversificación económica y de industrialización han provocado pobreza, migración y, con éstas, deforestación que produce mayor migración. Pero, como hemos discutido, cuando la migración genera, como en algunas partes de México, pueblos fantasma y la partida definitiva de parte de los miembros de la comunidad (por restricciones consulares para retornar), tampoco es un consuelo y no podemos considerarla como una forma de resiliencia exitosa.

El uso del concepto de resiliencia aplicado a la migración inducida por causas ambientales ha sido criticado porque suele presentársele como alternativa al reconocimiento de los derechos de los desplazados a recibir refugio (Methmann, *et al.*, 2015; Bolaños, 2015a). Sin embargo, paralelamente a la lucha por modificar la Convención de Ginebra para reconocer oficialmente el asilo y el refugio ambientales, es importante estudiar la migración como punto de inflexión

(tipping point) de los socioecosistemas. Aunque migrar pueda significar una injusta opción final de sobrevivencia, también suele mostrar la capacidad de adaptación y autotransformación gradual de las poblaciones. En el presente capítulo, hemos recurrido a los estudios migratorios para ilustrar algunas características de los socioecosistemas: la migración como estrategia de diversificación (enviar a un familiar al extranjero para recibir divisas, sin que toda la familia cambie de país), como consecuencia de la conectividad (que abre una carretera en una zona boscosa y produce desplazamientos y deforestación) y como retroalimentación (intercambios complejos, no lineales, que al alcanzar un umbral pueden producir un repentino cambio de régimen socioecosistémico: colapso súbito de arrecifes y manglares por la infraestructura para el turismo, desaparición de bosques por cambios en los patrones de precipitación pluvial por la deforestación producto de la migración, etcétera).

1 El derecho de los refugiados está regulado por la convención de refugiados de Ginebra de 1951 (con validez universal a partir de 1967). Esta fue aprobada para enfrentar la situación de las personas que dejaron sus países durante y después de la Segunda Guerra Mundial. Refugiado, según la convención, es toda persona que debido a un temor fundado de persecución por motivo de su "raza", nacionalidad, religión, pertenencia a un grupo social particular o debido a su ideología política, está fuera del país cuya nacionalidad posee. Además, para alcanzar el reconocimiento como refugiado se requiere que dicho desplazado no pueda demandar la protección de su país; o bien, que tema legítimamente demandarla.

2 Aunque Kiribati es una isla cercana a Nueva Zelanda, los jueces consideraron que no existía una obligación jurídica de acogerlo, al no tratarse de un perseguido político.

Referencias

Alston, L. J., G. D. Libecap, y B. Mueller, (2001), "Land reform policies, sources of conflict and implications for de-forestation in the Brazilian Amazon". En *Nota Di Lavoro 70*, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milán.

Aragónés, A. M. (2015), *Consecuencias del cambio climático sobre la migración: Un análisis para México*, UNAM, Ciudad de México.

Akram-Lodhi, A. H. (2015), "Land grabs, the agrarian question and the corporate food regime", *Canadian Food Studies*, vol. 2, no. 2.

Baptista, S. R., y T. K. Rudel, (2006), "A re-emerging Atlantic forest? Urbanization, industrialization and the forest transition in Santa Catarina, southern Brazil", *Environmental Conservation*, vol. 33, no. 3, pp. 195-202.

Bettini, Giovanni, (2013), "Climate barbarians at the gate? A critique of apocalyptic narratives on 'climate refugees'", *Geoforum*, vol. 45, pp. 63-72.

Bilsborrow, R. E. (2002), "Migration, population change, and the rural environment", *Environmental Change and Security Project Report*, vol. 8, no. 1, pp. 69-84.

Bilsborrow, R. E. (2015), "Cambio climático y migración". En Aragónés 2015, cit.

Bolaños Guerra, B. (2015a), "Migración climática y neocolonialismo. La reforma al régimen constitucional del litoral mexicano en la era del cambio climático acelerado", *Con-temporánea*, no. 4, INAH, Ciudad de México. Disponible en: <http://con-temporanea.inah.gob.mx>

Bolaños Guerra, B. (coordinador) (2015b), *Biopolítica y migración. El eslabón perdido de la globalización*, UAM, Ciudad de México.

Bourbeau, P. (2013), "Resiliencism: Premises and promises in securitisation research." *Resilience* vol. 1, no. 1, pp. 3-17.

Cohn, J. P. (2007), "The environmental impacts of a border fence", *BioScience*, vol. 57, no. 1, pp. 96-96.

Contreras, E. (2013), *Los que se quedan. Una imagen de la migración internacional desde el ámbito local y del hogar*, CEIICH-UNAM, Ciudad de México.

Dakos, V., A. Quinian, J. A. Baggio, E. Bennett, Ö. Bodin y S. BurnSilver, (2015), "Principle 2 - Manage connectivity", En Biggs R., M. Schlüter y L. Schoon, *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 80-104.

Feixa, C., y Nilan, P. (editores) (2006), *Global Youth? Hybrid identities, plural worlds*, Routledge, Nueva York.

Folke, C., J. Colding y F. Berkes, (2003), "Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems". En Ídem, *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 352-387.

Foucault, M. (2006), *Seguridad, territorio y población*, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.

Gylfason, T. (2001), "Natural resources, education, and economic development." *European economic review*, vol. 45, no. 4, pp. 847-859.

Henderson, T. J. (2011), *Beyond Borders. A History of Mexican Migration to the United States*, Wiley-Blackwell, Chichester.

Holling, C. S. (1973), "Resilience and stability of ecological systems", *Annual review of ecology and systematics*, vol. 4, pp. 1-23.

Imaz, C. (2006), *La nación mexicana transfronterizas: impactos sociopolíticos en México de la emigración a Estados Unidos*, UNAM, Ciudad de México.

Keller, M., M. Bustamante, J. Gash, y P. S. Dias, (eds.) (2013), *Amazonia and global change*, vol. 186, John Wiley & Sons, Hoboken.

Kelley, C. P., S. Mohtadi, M. A. Cane, R. Seager, Y. Kushnir, (2015), "Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 11, pp. 3241-3246.

Kotschy, K., R. Biggs T. Daw, C. Folke y P. West, (2015), "Principle 1 - Maintain diversity and redundancy", Biggs R., M. Schlüter y L. Schoon, *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kreft, S. y D. Eckstein, (2013), *Global Climate Risk Index 2014. Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2012 and 1993 to 2012*, Germanwatch, Bonn.

Landa Ordaz, R. y Olivera, B. (2014), *From words to facts: Acting on climate change in Central America. Action and financing now!* Oxfam, Los Países Bajos.

Loewe, D. (2010), "Los naufragos de nuestro mundo. El caso de los refugiados", *Arbor*, no. 744, pp. 555-579.

Loewe, D. (2013), "El refugiado climático, Ioane Teitiotas e Immanuel Kant", blog Migraciones. Reflexiones cívicas, 12 de diciembre. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/migraciones/2013/12/12/132294> [1° de junio del 2016].

Methmann, Ch. y A. Oels, (2015), "From 'fearing' to 'empowering' climate refugees: Governing climate-induced migration in the name of resilience", *Security Dialogue*, vol. 46, no. 1, pp. 51-68.

MPI (Migration Policy Institute) (2013), *Estadísticas*. <http://www.migrationpolicy.org>

Morrissey, J. (2009), *Environmental Change and Forced Migration: A State of the Art Review*, Refugee Studies Centre, Oxford Department of International Development, Oxford. Disponible en: <http://www.rsc.ox.ac.uk> [15 de agosto del 2015].

Norberg, J. y G. S. Cumming, (eds.) (2008), *Complexity Theory for a Sustainable Future*, Columbia University Press, Nueva York.

OIT (Organización Internacional de las Migraciones) (2007), *Migration and the environment*, Discussion note MC/INF/288, OIT, Ginebra, 1º de noviembre. Disponible en: https://www.iom.int/jahia/webdav/shared/shared/mainsite/about_iom/en/council/94/MC_INF_288.pdf. [12 de febrero del 2016].

Oswald-Spring, Ú., S. E. Serrano-Oswald, A. E. Estrada-Álvarez, F. Flores-Palacios, M. Ríos-Everardo, H. G. Brauch, T. E. Ruíz-Pantoja, C. Lemus-Ramírez, A. Estrada-Villanueva, M. T. M. Cruz-Rivera (2014), *Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales*, UNAM-CRIM, Cuernavaca.

Reuveny, R. (2007), "Climate change-induced migration and violent conflict", *Political geography*, vol. 26, no. 6, pp. 656-673.

Sassen, S. (2014), *Expulsions. Brutality and Complexity in the Global Economy*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Londres.

Shuaizhang, F., A. B. Kruegera y M. Oppenheimer, (2010), "Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, no. 32, pp. 14257-14262.

Tacoli, C. (2009), "Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility", *Environment and Urbanization* vol. 21, no. 2, pp. 513-525.

Tsuchida, Yoichiro, (2008), "Adress by Mr. Yoichiro Tsuchida, UNHCR Senior Advisor on Climate Change. International Conference on Environment, Forced Migration and Social Vulnerability", Bonn, 10 de octubre. Disponible en: <http://www.unhcr.org/4901e9bd2.pdf> [10 de enero del 2016].

Walker, J. y M. Cooper, (2011), "Genealogies of resilience from systems ecology to the political economy of crisis adaptation", *Security dialogue*, vol. 42, no. 2, pp. 143-160.

Warner, K., M. Hamza, A. Oliver-Smith, F. Renaud y A. Julca, (2010), "Climate change, environmental degradation and migration", *Natural Hazards*, vol. 55, no. 3, pp. 689-715.

Welch, C. (2006), "Globalization and the transformation of work in rural Brazil: agribusiness, rural labor unions, and peasant mobilization", *International Labor and Working-Class History*, vol. 70, no. 1, pp. 35-60.

Van der Ploeg, F. (2011), "Natural resources: Curse or blessing?" *Journal of Economic Literature*, vol. 49, no, 2, pp. 366-420.

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

Mónica Velázquez Téllez

Posgrado en Ciencias Sociales y Humanidades

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

Introducción

Los sistemas socioecológicos, como aporte teórico de la resiliencia y como realidad socioecológica planetaria, señalan un punto crucial en la manera de codificar lo social y lo natural porque, a pesar de que el concepto indica una realidad obvia (la unión de lo social y lo ecológico), no deja de ser importante resaltar el hecho de que se trata de una forma novedosa de volver a entender, conceptualizar y manejar las problemáticas de siempre, es decir, la tensión que existe entre los seres vivos y los espacios que habitan. El enfoque teórico y práctico de un tratamiento socioecosistémico para cualquier problemática aporta una relectura de los modos en los que se organiza la existencia de todas las cosas presentes en este planeta, no sólo habitado por humanos, sino también por cualquier otro elemento, cuyas contribuciones a las dinámicas de la vida e intercambios de energía nunca pueden ser soslayadas.

El propósito de este capítulo es utilizar los postulados teóricos de los SSE (conectividad, diversidad y retroalimentación) para reflexionar sobre el problema del plástico en los océanos. El capítulo se compone de tres secciones. En la primera sección, “Resiliencia: más allá de la noción de dependencia”, se aborda por qué las propuestas de la resiliencia contribuyen a dejar de lado un pensamiento dicotómico y en qué medida la interdependencia social-natural es el elemento clave de cualquier análisis. En la segunda sección, “El plástico en los océanos”, se contextualiza a este material y se explica por qué es pertinente reflexionar acerca del mismo desde los SSE. En la tercera sección, se utilizan los postulados de los SSE (retroalimentación, conectividad y diversidad) para pensar en algunos aspectos del plástico en los océanos.

Resiliencia: más allá de la noción de dependencia

La visión utilitarista de la naturaleza implica que los recursos están puestos en el mundo para ser administrados por el hombre, quien es el responsable de vigilar el uso de los mismos, así como de asignar fines para su empleo. Esta visión coloca al humano (sujeto) en una distancia del tipo agente-paciente ante las cosas no humanas del mundo; bajo esta premisa, la “protección” de los recursos, la denegación o permiso al acceso de ciertos grupos; la “caridad” con la naturaleza (topografía, fauna, flora, cuerpos acuíferos), ejemplifican necesidades de “dependencia” entre humano-no humano.

La relación de “dependencia” entiende el mundo únicamente de una forma jerarquizada, en la cual lo humano (entendido de forma esencialista) se encuentra en el nivel más alto, mientras que las formas más alejadas de los “atributos humanos”, de acuerdo a las culturas occidentales, descienden de nivel. Un ejemplo de esto es que una de las distinciones entre el “objeto” y “sujeto” se fundamenta en la existencia de un “adentro”, es decir, una interioridad reflexiva de la cual carecen los objetos y que justifica una superioridad moral de lo “humano” sobre lo no-humano, de modo que una entidad que no sea capaz de reflexionar, tener consciencia e interioridad al estilo humano, no puede tener acción, ni implicación en la vida humana en una manera más allá de su materialidad física. Esta concepción da paso a pensar la relación humano-

no humano como una relación de pasividad que postula que el hombre necesita de la naturaleza para subsistir, pero la naturaleza necesita que el hombre se encargue de “cuidar” de ella, ya que ésta carece de interioridad y, por lo tanto, de medios para protegerse. La naturaleza surge sólo en tanto un bien necesario.

La relación de “dependencia” invisibiliza, borra, ignora u omite los vínculos que pueden trazarse entre lo humano y lo no-humano, y sólo hace visible lo no-humano en el momento de una crisis contrastiva. En su artículo “The Climate of History: Four Theses”, Dipesh Chakrabarty (2009) se pregunta, principalmente, cómo vincular la historia natural con la historia humana y señala que la crisis climática es el momento en el que se pone en evidencia que dichos conjuntos no están separados, como se había pensado tradicionalmente. Desde la Revolución Industrial y hasta poco antes de los años 80 del siglo XX –quizás aún hoy, en ciertos ámbitos— se consideró a la naturaleza como un telón de fondo quasi inalterable, sólo un escenario para el desarrollo de la vida humana. Chakrabarty no hace distinción en la relación que los dos modos occidentales de producción (capitalismo-socialismo) establecieron con la naturaleza o lo no-humano, ya que ambos hicieron uso idéntico de combustibles fósiles, hecho que –al menos en la relación de dependencia-utilitarismo-natural– los asimila.

La relación de “dependencia” deja de obviar las consideraciones sobre “lo natural” y hace notorio el “escenario” de la naturaleza sólo hasta que ésta se convierte en un problema para la acción humana, como sucede ahora con el cambio climático, cuyas consecuencias ponen en jaque los mitos sobre los que occidente se ha construido y entendido. Cuando se encuentra un límite, se obliga a volver a mirar, a repensar no sólo lo que se considera lo externo, sino también la forma y lugar desde donde pensamos. En este sentido, quizás sea posible mirar las crisis socio-naturales de una manera ventajosa que fuerce la emergencia de nuevos pensamientos.

La Interdependencia, por otro lado, significaría asumir una relación de necesidad, afecto, retroalimentación y cambio entre lo humano y lo no-humano más allá –o no sólo–, en el sentido vital-biológico, sino en un amplio sentido co-constructivo. Esto significaría asumir que lo no-humano construye, moldea, adapta, modifica a lo humano y viceversa.

La interdependencia es necesidad en el sentido que, como señala Vandana Shiva (2014), todos somos comida de todos, la vida se basa en esos intercambios de energía; pero el reconocimiento de la “necesidad” entre especies y elementos va más lejos de las visiones utilitaristas que sólo toman en cuenta las necesidades de lo humano. La conciencia de la relación de necesidad es condicional y activa. Condicional en el sentido en que somos indispensables unos a otros para preservar la existencia, y activa en el sentido de que participamos de la vida al necesitar y ser necesitados, esa función no puede volverse algo superficial.

La interdependencia implica también cambio. Al concebir a los elementos como relaciones de ensamblaje, es imposible pensar en esencias prístinas, ¿dónde empieza “lo humano”?, ¿qué conforma lo que es “lo humano”?³ La interdependencia asume que todas las interacciones modifican a los actores de formas diferentes y que son esos cambios el lugar en donde existen los elementos de los SSE. Contra la esencia, se encuentra lo contingente como una fuerza que impide la fijación; la noción de cambio entre los elementos y de cambio de estados en los SSE

implica tener en cuenta el tipo de vínculos que se establecen. El enfoque de la resiliencia incorpora la contingencia y, el azar, a su apreciación del mundo; por ello, tanto para sociólogos y científicos ambientales, esta óptica nueva desafió la noción del equilibrio entendido como “estabilidad” (Folke, 2006).

La interdependencia codifica la existencia en el planeta y del planeta como patrones de ensamblaje y no como linealidad. Una relación de interdependencia señala la imposibilidad de que un sistema sea autónomo, en el sentido de que para lograr su óptimo funcionamiento siempre deberá tomar en cuenta las variables y funcionamientos de otros sistemas no cerrados. La interdependencia sugiere el entendimiento de ambos conjuntos que se entrelazan para co-construirse mutuamente, no en un sentido meramente utilitario, sino también en una serie de interacciones diversas (transformaciones, intercambios, producciones, consumos, sensaciones, afectos) para existir. Haynes-Young y Potschin (2010) señalan que los vínculos entre ecosistemas y personas (sociedad) pueden ser entendidos u observados mediante la clasificación de los servicios que el ecosistema proporciona: aquellos que proveen o cubren servicios materiales; los que abarcan la forma en la que los ecosistemas regulan otros medios ambientales o procesos; los que se relacionan con las necesidades culturales o espirituales de la sociedad; y, finalmente, aquellos servicios del ecosistema que dan soporte a los tres primeros. En este último punto se encuentra la base primaria y existencial que da paso a cualquier servicio, ya que refiere a elementos básicos como la formación de suelos y los ciclos de los nutrientes. Si bien puede proporcionarse una clasificación de los servicios ecosistémicos, Haynes-Young y Potschin insisten en la observación de Wallace, acerca de que no cualquier elemento puede entenderse como un servicio, pues el servicio se conforma por el vínculo que existe entre determinado elemento y el beneficio o la experiencia que la gente recibe de él, de modo que cualquier otro elemento es, para Wallace, simplemente parte de la estructura ecológica. Para Haynes-Young y Potschin (2010), este punto es clave si se quiere tomar decisiones en la gestión de estrategias y políticas que consideren la biodiversidad.

La interdependencia es una cualidad que conforma un tejido relacional en el cual no es posible pensar la cosecha únicamente como resultado de un beneficio para abastecer las necesidades de comida, o la fuente de agua como la proveedora de un bien básico para la vida, porque es justamente el vínculo afectivo-relacional con el territorio lo que conforma la valorización del servicio ecosistémico y puede crear un tipo diferente de interacciones con la biodiversidad. La interdependencia se rige por relaciones directas de afectación y/o beneficio que crean productos, procesos, organizaciones y estados emocionales. Bajo una óptica de la interdependencia, la migración puede verse como un hecho que pone de manifiesto este entramado múltiple, pues el deterioro de los suelos, la imposibilidad de trabajar el campo y vivirlo, la desertificación, y otros factores físicos actúan sobre la forma en la que la gente habrá de decidir y reorganizarse. Esto significa que es el elemento natural (muchas veces modificado por el hombre) el que genera el movimiento y dicho movimiento tampoco puede desvincularse de las gestiones políticas; del mismo modo que es imposible pensar que las políticas de monopolio de producción alimenticia no afectan lo íntimo de la vida de un campesino, su relación última con el territorio.

El plástico en los océanos

El tiempo en el que hoy vivimos es, sin duda, el del cambio climático, y no sólo porque las modificaciones en los ciclos naturales del planeta sean innegables o porque estemos traspasando los límites planetario, sino porque el discurso sobre el calentamiento global está presente en todas las actividades humanas, sea con fines políticos, de investigación, pedagógicos, sociales o económicos. La popularidad de este tema reúne y manifiesta varias esferas de lo humano, por ello, el problema del calentamiento global obliga a ser creativos, esto refiere a que se presenta un momento en el que, por primera vez, es forzoso y conveniente dejar atrás divisiones comunes en el conocimiento, por ejemplo, aquella que estudia la cultura (lo humano, sin el factor biológico) por un lado y, la ciencia, (la vida, sin dimensión social o histórica, cultural) por otro. Si el cambio climático nos obliga a considerar al humano en sus múltiples dimensiones, es esperable que el enfoque para esta consideración también se modifique. El término “antropoceno” para designar la actividad humana como un factor de agencia geológica en el planeta emerge como un arma de dos filos que, por un lado, puede caer en una “esencialización” de lo humano y soslayar las implicaciones políticas que unos y otros tienen, mientras que, por otro lado, permite justamente el replanteamiento de lo que entendemos por “humano” o antropos.

Peterson (2000) indica que la ecología política debe florecer de las interacciones de lo social y lo ecológico. La ecología debe incluir el estudio del comportamiento humano, dado que el humano es parte de las dinámicas que se establecen en la naturaleza. La mayoría de los ecosistemas estudiados por los ecologistas continúan experimentando significativos cambios de factor antropogénico; un ejemplo evidente de esto es cómo aparece el plástico en los océanos, un elemento de origen natural, pero con larga historia químico-artificial que actualmente moldea cualquier paisaje terrestre.

El caso del plástico en los océanos permite observar cómo un objeto que en algún punto se consideró como moderno, útil y cuya existencia no exponía ningún tipo de problema, hoy es caracterizado como una amenaza para varios y distintos sistemas socioecológicos. Además de ello, el plástico se vuelve difícil de sistematizar debido a las distintas formas que adquiere en el tránsito de su existencia; ya que no sólo se mantiene en un estado sólido y con una forma física y química perpetua, pues según las interacciones que tenga con otros elementos puede modificarse y entrar en un estado de “invisibilidad” que dificulta su rastreo y posible control; las corrientes marinas y los efectos de erosión solares y acuáticos degradan los “macroplásticos” para convertirlos en partículas de seis milímetros o menos (“microplásticos”) que van mezclándose poco a poco con el agua del mar. El enfoque de los socioecosistemas permite ver cómo las relaciones que se establecen entre el entorno (naturaleza) y la sociedad (comportamiento humano) siempre involucran dinámicas múltiples, ningún elemento está aislado de estos contactos y tensiones, desde el inicio de su existencia, hasta su fin.

Los historiadores, generalmente, denominaban las épocas de la historia humana de acuerdo al uso y domesticación de los materiales (Edad de piedra, de hierro, de bronce). Para el siglo XIX todas las herramientas construidas por la humanidad eran de materiales como madera, cerámica,

piedra, vidrio, fibras, piel, hueso y metal (Brydson 1991). Para los años 30 del siglo XX, la goma natural había comenzado a existir, aunque, en realidad, los plásticos de origen no industrializado han sido utilizados desde la antigüedad con el uso de resinas. Alexander Parks descubrió un tipo de plástico parecido al marfil, al cual llamó “parkesina”. Parks averiguó que la celulosa, las fibras naturales de la madera, y el algodón, mezclados con ácido nítrico y un agente solvente o disolvente, se endurecían y, al calentarse, formaban un material ligero y resistente. La historia del plástico químico-industrial requirió de varios momentos y participaciones que convirtieron a este material en un objeto más perdurable de lo previsto. Durante la Segunda Guerra Mundial, se empezó a explotar el uso de los plásticos como el nylon que servía para la fabricación de paracaídas, de modo que la exploración de las posibilidades químicas de los plásticos incrementó debido a la demanda de lograr el remplazo de materiales naturales como el marfil o el caucho, el cual, por ejemplo, tardaba hasta siete años en formarse. Para funcionar como se deseaba, el modo de existir debía poner el acento en las formas artificiales más resistentes.

La existencia de plástico en los océanos ha sido documentada desde los años 60 (Jambeck, *et al.*, 2015), sin embargo, hasta hace relativamente poco –1990–, el plástico ha sido codificado como contaminación y estudiado por la comunidad científica, particularmente en cuanto al daño visible que produce en los animales marinos como peces, focas y tortugas que llegan a ingerir el material, o que quedan atrapados en objetos plásticos de mayor tamaño, llamados macroplásticos. En 1975 se realizó un estudio que calculaba el flujo aproximado de basura de todo tipo vertida al océano; la cifra llegaba aproximadamente a 6.4 millones de toneladas (Jambeck, 2015: 768), hoy se cuenta ya con un marco que contempla la relación que existe entre nivel socio-económico y la generación de plástico por persona. Una vez en el océano, el plástico se mueve y reubica gracias a las corrientes marinas; a pesar de este continuo movimiento es posible identificar algunas manchas plásticas, aunque, en realidad, el material no se mantiene en un solo lugar y, poco a poco, por efectos solares y la erosión ocasionada por el movimiento, el plástico va desintegrándose hasta adquirir una condición “invisible”, sin que esto signifique que la materia desaparezca por el hecho de no ser vista. Un ejemplo de lo anterior es la ingesta de microplástico (menos de 6mm) por peces que, a su vez, incorporan estos materiales a la cadena alimenticia, de modo que es posible encontrar plástico en humanos, ingerido, entre otras formas, a través del consumo de pescados y mariscos. La descarga de basura en el mar ha sido prohibida, pero todavía hoy se calcula que el 80% de los desechos marinos provienen de lo que se origina en el suelo firme (Jambeck 2015: 768).

La introducción de plástico en los océanos como un elemento adicional al ecosistema marino. Un ejemplo de retroalimentación

Teóricamente, la retroalimentación significa el modo de respuesta que unos elementos provocan sobre otros para modificar los SSE. La retroalimentación y los tipos de variables (lentas o rápidas), modifican los estados de los SSE; conocer los tipos de variables presentes en los SSE, contribuye a generar resiliencia porque permite tener en cuenta cómo algún elemento va a afectar o beneficiar a otro. Una retroalimentación ocurre no sólo cuando un elemento genera otro, sino cuando la acción de determinado elemento repercute sobre un elemento previo y modifica interacciones. Las retroalimentaciones pueden ser positivas si refuerzan cambios del mismo tipo, es decir, si continúan alimentando las mismas dinámicas, y pueden ser negativas cuando producen efectos contrarios a los que eran observados en los SSE (Biggs 2015). La retroalimentación no deja que se pase por alto que un elemento –sea animal, planta u objeto o situación– pueda tener una agencia sobre otro y modifique las condiciones de los SSE. En este sentido, la introducción del plástico en los océanos representó, en un primer momento, una variable lenta de cambio del socioecosistema marino. La cantidad y concentración de plástico en el mar se incrementó hasta hacerse evidentemente problemática y convertirse en un estímulo constante.

El plástico constituía una retroalimentación no reconocida que sin embargo comenzó a modificar las dinámicas del ecosistema marino no solamente por la polución a escala visible que afectó y afecta a la fauna de mamíferos que muere por ingesta de plásticos de gran tamaño, o por quedar atrapada en redes plásticas, sino también en una escala menor: los peces confunden el micropástico (plástico destruido por la erosión del sol, el agua y las corrientes) con su comida habitual: el plancton; esta dieta modifica, a su vez, la habilidad que las larvas y crías tienen para responder a los depredadores, ya que las hace más lentas (Lönnstedt, Peter Eklöv 2016). Por otro lado, el hecho de que el plástico en los océanos no fuera visibilizado como una retroalimentación que cambiaba la constitución de las interacciones marinas, provocó, a su vez, que no existiera ningún veto para depositar este material en el mar.

Brian Walker (2015) hace énfasis en que para generar resiliencia es necesario manejar las retroalimentaciones del SE, lo cual significa gestionar qué tipo de retroalimentaciones son deseables o no para continuar o salir de determinado estado ecosistémico. Gestionar las retroalimentaciones significa conocer a profundidad las dinámicas del SE, en este sentido, Walker también señala que, a través del reconocimiento de los tipos de retroalimentación se analiza como cualquier política ambiental, es decir, cualquier decisión humana para implementar alguna mejora en determinado SE tendrá también una retroalimentación. En el caso del plástico, el pensamiento de la resiliencia podría preguntarse qué tipo de retroalimentación es posible introducir en el SE marino para abandonar o evitar un estado de degradación. Quizás sea ilusorio realizar una limpieza completa, exhaustiva y permanente del océano, considerando que son años de materiales acumulados, pero sí es posible analizar las interacciones del material

plástico a diferentes escalas para ver si existe la forma de contrarrestar los efectos tóxicos y, claro, como posibilidad casi utópica, cambiar el rumbo hacia una sociedad que produzca materiales y objetos que puedan interactuar como materia orgánica sin dejar de cumplir con las demandas de la tecnología, pues no podemos omitir que la vida sin plásticos, hoy, resultaría pensar en una paradoja.

La aparición de comunidades de bacterias en “plastisphere”. Un ejemplo de conectividad

Si bien la conectividad es la forma en la que se relacionan los diferentes elementos del SE, no sólo implica la identificación y análisis de estas relaciones; la premisa de la conectividad va más lejos al trabajar abiertamente con la idea de que no hay nada que exista de forma individual y aislada y, muy por el contrario, la existencia y devenir de todos los SSE, está comprometida y generada por la forma e intensidad de su conectividad (Vasilis Dakos, *et al.*, 2015). De este modo, todo puede vincularse en un SSE para producir efectos positivos o negativos sobre éste. El vínculo entre la calidad de los suelos y las formas de sembrar, son elementos distintos, pero tan importantes como las relaciones interpersonales que se mantengan en una comunidad de conocimiento, ya que ambos enlaces contribuyen a la forma que adquiere el SSE a través del tiempo y de ellos depende que el SSE se mantenga o cambie radicalmente de estado.

La conectividad es un principio de análisis que permite pensar en patrones de ensamblaje, en vez de enfocarse exclusivamente en relaciones de dependencia. El pensamiento de la conectividad amplía el campo de visión, pues considera que también los elementos no-anímicos del sistema cobran un papel relevante en cuanto a su agentividad, la cual es expresada siempre en términos de algo-alguien más. En este sentido, el plástico en el océano no es simplemente un objeto tóxico en el mar, sino que ha dado lugar a un tipo especial de ecosistema, mejor conocido como “plastisphere” (Zettler, *et al.*, 2013) en el que se han encontrado interacciones entre diversas comunidades de bacterias en las concentraciones de los desechos marinos de plástico, localizados en el Atlántico Norte. La zona de plastisphere contiene una comunidad variada de heterótrofos, autótrofos, depredadores y simbioses, que muestra mayor diversidad de bacterias que el agua de mar recolectada fuera de “la mancha” de plástico. El plástico está generando nuevos tipos de vínculos que es preciso estudiar, si quiere conocerse cómo el SSE puede verse comprometido por las conectividades emergentes que se empiezan a crear entre comunidades de bacterias y el plástico que viaja por el océano.

Un SSE como el marino está vinculado de una forma particularmente compleja, debido al movimiento de las corrientes marinas, el espacio global total que tiene el mar; el movimiento continuo del agua; el tipo de fauna y las dinámicas de pesca hacen complicado evaluar el tipo de conectividad que existe entre los elementos que, además, frecuentemente cambian de lugar. Zettler (2013) se ha dedicado a estudiar las dinámicas que se establecen en ambientes extremos y enfatiza el hecho de que se desconoce la forma en la que estas comunidades de bacterias habitantes del plástico se mueven a través del océano; por lo tanto, aún no se sabe con precisión qué tipo de conectividad establecen estos ensamblajes.

Proyectos de limpieza marina. Un ejemplo de diversidad

El principio de la “diversidad” como una característica que tiene que ser fomentada en el SSE muestra que la idea de lo múltiple se hace presente en la definición de la vida. El principio de “diversidad” postula que es necesario que el SE cuente con elementos diferentes que cumplan funciones similares, de modo que, si algún elemento se ve perturbado, otros puedan continuar proveyendo al SSE de los servicios que éste dotaba y, así, una función no recae en un sólo elemento, sino que considera los vínculos que otros elementos son capaces de generar en el SSE. Tomar en cuenta la diversidad como un factor clave para generar resiliencia, implica considerar a los problemas y a las soluciones como entramados complejos de interdependencia. La diversidad debe entenderse también como la forma en la que el conocimiento de una comunidad, el paisaje, los actores, los grupos culturales y las instituciones desarrollan la posibilidad de resolver problemas del SSE o suplir las funciones de las que un determinado elemento se hacía cargo (Kotschy, 2015). Es importante destacar que la diversidad y la redundancia no siempre son necesariamente algo positivo en el SSE, por ello es importante discernir y evaluar las relaciones que existen entre redundancia (varios elementos que cumplan con la misma función) y diversidad (variedad de elementos).

Las propuestas activistas de limpieza marina, 5 Gyres Project y The Ocean Cleanup⁴, son iniciativas enfocadas en las concentraciones de manchas oceánicas de acumulación de plástico que buscan educar a la sociedad en torno al perjuicio de estos materiales y lograr la limpieza del mar. Ambas organizaciones realizan navegaciones para explorar la presencia de plásticos en el mar e implementar tecnologías para su rescate. The Ocean Cleanup surgió de un proyecto escolar y hoy se ha convertido en toda una industria encargada de sacar el plástico a través de diversas tecnologías como son, por ejemplo, una red de barreras flotantes que permitiría que las corrientes marinas reunieran el plástico, una vez concentrado, el plástico es extraído del mar y enviado a plantas de reciclaje en donde se utiliza para la elaboración de nuevos productos. De acuerdo con la iniciativa, este sistema permite al océano “autolimpiarse”. Por otro lado, abundan las investigaciones científicas sobre contaminación marina a causa de plástico; ya se tienen localizadas las manchas en donde se concentra el material y un aproximado que relaciona el poder adquisitivo de las poblaciones con la emisión de plásticos (Li, *et al.*, 2016). El trabajo de ambas asociaciones constituye una muestra de cómo las acciones emprendidas desde la comunidad proveen diferentes soluciones para acercarse a la contaminación por plástico. Así como la pesca o la agricultura no sólo depende de la existencia de recursos naturales, sino del conocimiento de una comunidad y las decisiones y aprendizajes que se transmitan, así también la diversidad de políticas sociales que van desde la recolección de basura hasta la exigencia de leyes que controlen el tipo de materia u objetos diseñados por plástico, incide en la forma en la que se reordenan estímulos, vínculos y elementos en el SSE.

Conclusión

Los procesos que hoy ocurren en el planeta rebasan las posibilidades de enfrentarse a ellos a través de una óptica dicotómica. Aunque las teorías de la resiliencia y los SSE hagan visible esta relación y la implementen como forma de trabajo teórica y práctica, el enfoque de interdependencia debe de llevarse a tantas disciplinas como sea posible, no para imponerse, sino para buscar la multidimensionalidad en los procesos de percepción sobre los problemas que enfrentamos en cualquier ámbito. Pensar a la naturaleza y a la sociedad como campos de estudio separados representa un problema metodológico, porque deja zonas ciegas al momento de acercarse a los objetos o procesos de estudio desde cualquier disciplina.

Entender los socio-ecosistemas es un cambio más profundo que va más allá de comprender el significado de la unión de dos vocablos que evidentemente proponen la unión de lo social y lo natural. El problema de la contaminación por plástico muestra tan solo un ejemplo de cómo lo social y lo natural están profundamente imbricados. En un sentido a largo plazo, pensar del lado de la resiliencia significaría aceptar abiertamente que es necesario reconsiderar los modos más arraigados de relacionarse con los otros elementos en este planeta.

3 Piénsese simplemente en la figura del virus y cómo ésta representa un elemento que aún es polémico, pero que forma parte intrínseca de los organismos.

4 <http://www.5gyres.org/what-we-do/> - <http://www.theoceancleanup.com/>

Referencias

- Biggs R., et. al., (2015). “Principle 3. Manage slow variables and feedbacks”. En *Principles for Building Resilience*, Cambridge University Press, Reino Unido, p. 110.
- Brydson, J.A., (1999). “The Historical Development of Plastics”, en *Plastics materials*, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 1-18.
- Chakrabarty, D. (2009). The Climate of History: Four Theses. *Critical Inquiry*. (35)3: 197-222. <http://www.jstor.org/stable/10.1086/596640>.
- Dakos, V., A. Quinanlan, *et al.*, (2015), “Principle 3. Manage connectivity”, En *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*, Cambridge University Press, pp. 81-104.
- Dakos, V., et. al., (2015). “Principle 2. Manage connectivity”, en *Principles for Building Resilience*, Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 80-103.
- Folke, C. (2006): “Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological system analyses”, en *Global Environmental Change*, núm. 16, pp. 253-267.
- Jambeck, Jenna R., *et al.*, (2015). “Plastic waste inputs from land into ocean”. En *Science*, vol. 347, núm. 6223, pp. 768-781.
- Kotschy, Karen, et. al., (2015). “Principle 1. Maintain diversity and redundancy”, en *Principles for Building Resilience*, Cambridge University Press, Reino Unido, pp. 50-79.
- Li, W.C., *et al.*, (2016). “Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects”, en *Science of total environment*, vol. 566-567, pp. 333-339. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Lönnstedt, O. y P. Eklöv, (2016). “Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology”, en *Science*, núm. 6290, vol. 352, pp. 1213-1216.
- Peterson, Garry, (2000). “Political ecology and ecological resilience: An integration of human and ecological dynamics”. En *Ecological Economics*, núm. 35, pp. 326-336.
- Walker, B. (2015). *Managing feedbacks in social-ecological systems*. Recuperado de: <https://youtu.be/sOmRob-7xM4>. <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2013-02-28-managing-feedbacks-in-social-ecological-systems.html>
- Zettler, E. R., *et al.*, (2013). “Life in the Plastisphere: Microbial Communities on Plastic Marine Debris”, en *Environmental Science and Technology*, núm. 47, 7, pp. 137-146. dx.doi.org/10.1021/es401288x

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).

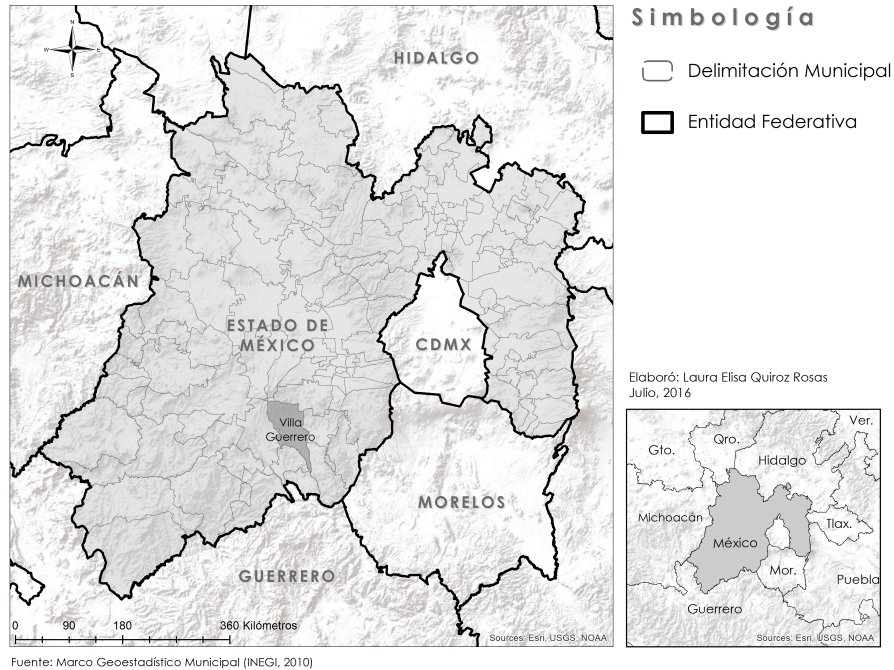
En este marco surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los atributos específicos de un Sistema Socioecológico que pueden ser caracterizados en las barrancas del sur del Estado de México, sus recursos y su aprovechamiento? ¿Acaso los sistemas de barrancas son inútiles para el desarrollo 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.

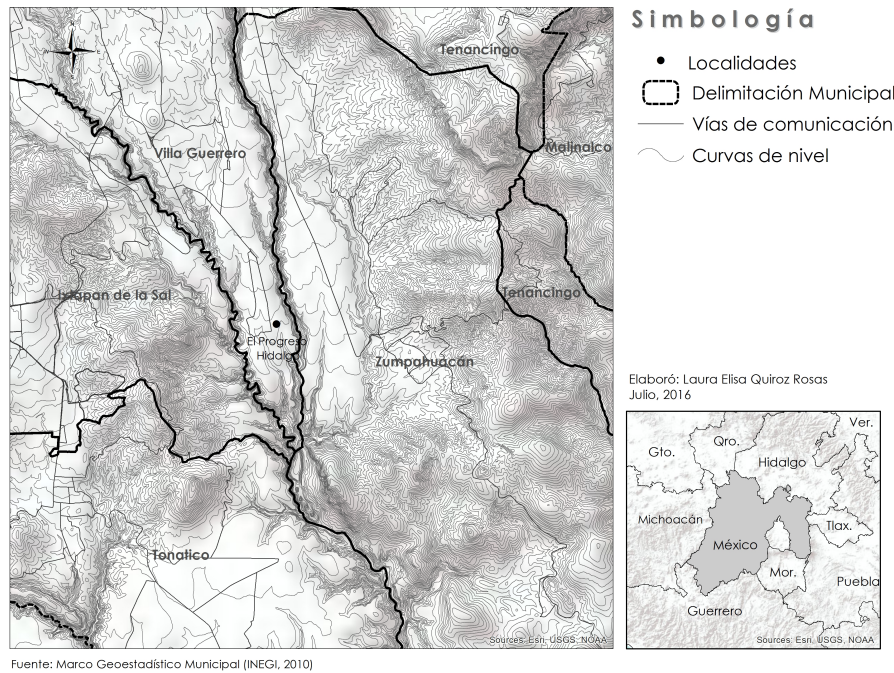
Entre estos dos reinos se localiza lo que Odum (1972) reconoce como zona de ecotono o zona de transición, con gran diversidad ecológica que, de acuerdo a las condiciones geológicas, edafológicas, climáticas y de vegetación, presenta características que hacen posible la diversidad ambiental, de los cultivos 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 “Xinantecatl” (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 Háplico, 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).

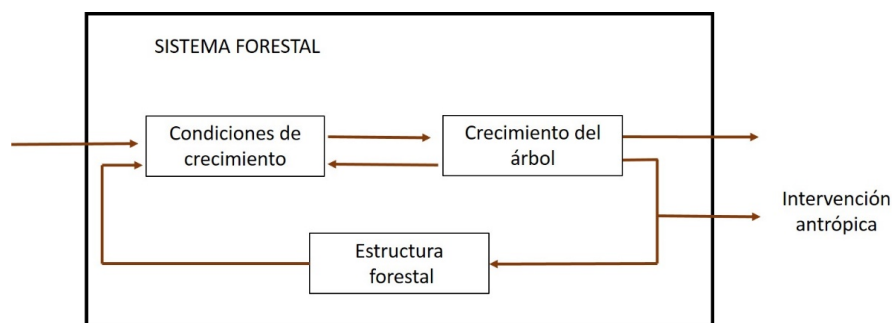


Figura 1. Cadenas de retroalimentación que determinan la dinámica de la estructura forestal. Adaptado de: Pretzsch 2009: 226.

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

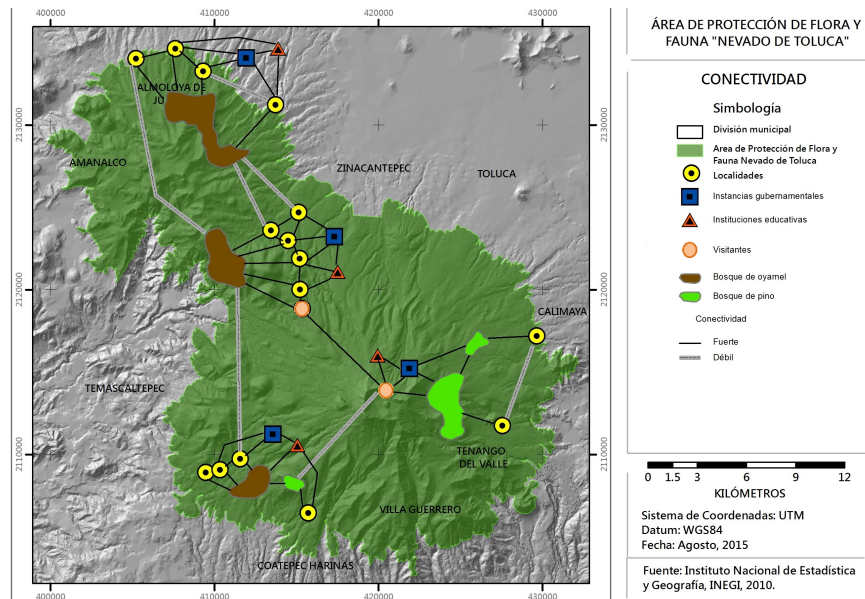
Los recursos forestales no maderables son la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal. En algunos casos, estos recursos generan ingresos al interior de las familias y algunos son parte importante en la dieta alimenticia:

- * 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

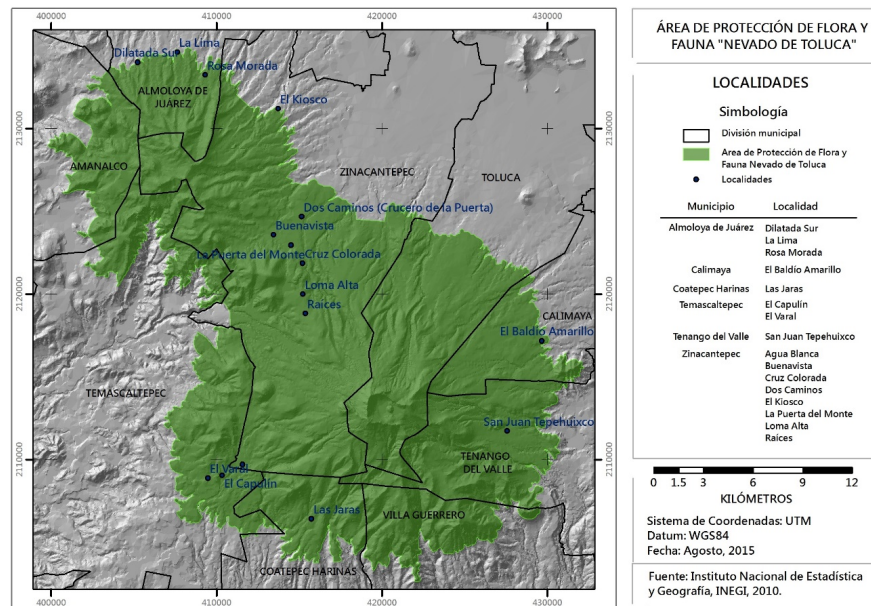
Los bosques de clima templado establecidos en el APFFNT por encima de los 3,000 msnm, se conforman por extensas poblaciones monoespecíficas de *Pinus hartwegii*, bosques mixtos de *P. pseudostrobus* y *Abies religiosa*, pequeños bosques aislados de *P. montezumae*, bosques mixtos y monoespecíficos de *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

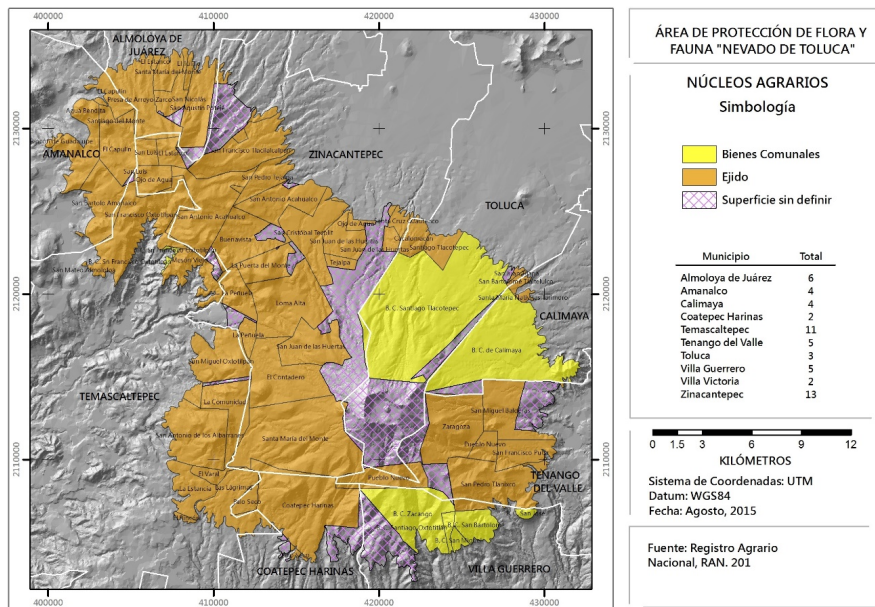
En este apartado se analiza la variable lenta, es decir, la tenencia de la tierra y la variable rápida, que en este caso es el cambio de uso del suelo, que contribuyen a la configuración del Sistema Socioecológico del APFFNT.

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].

Mcginis, 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

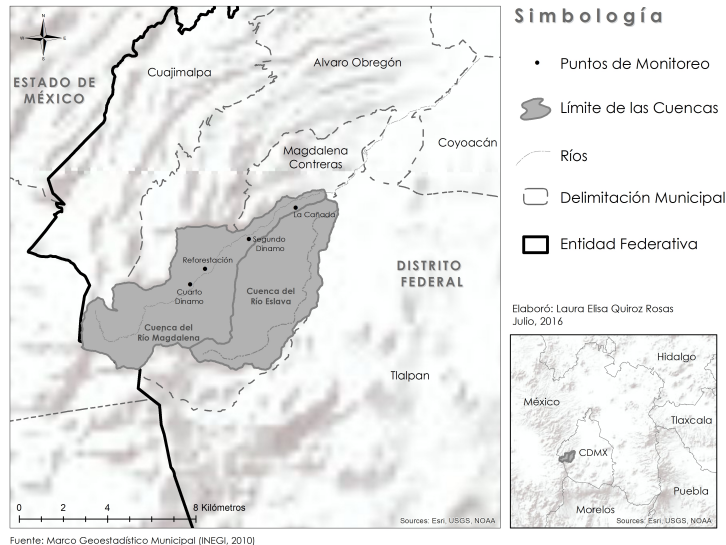
capital social, transferir conocimiento, mediante el trabajo con científicos, y empoderar, y fortalecer a las comunidades e instituciones locales. En este tipo de monitoreo lo principal es que los actores locales se apropien del proceso y, con base en los resultados, sea posible tomar decisiones fundamentadas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

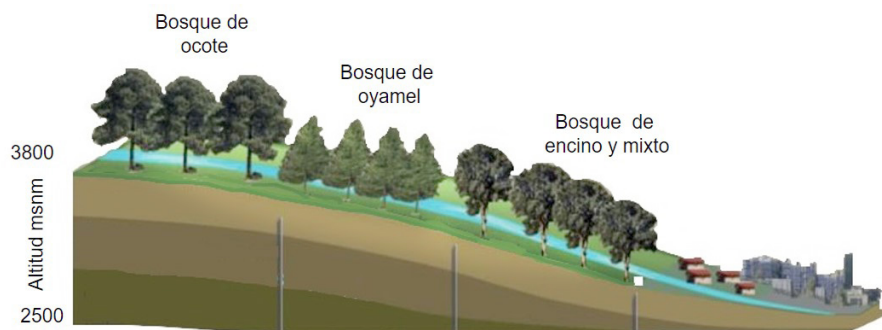


Figura 1. Perfil de vegetación de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Elaboración propia con base en Jujnovsky, *et al.*, 2012

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.

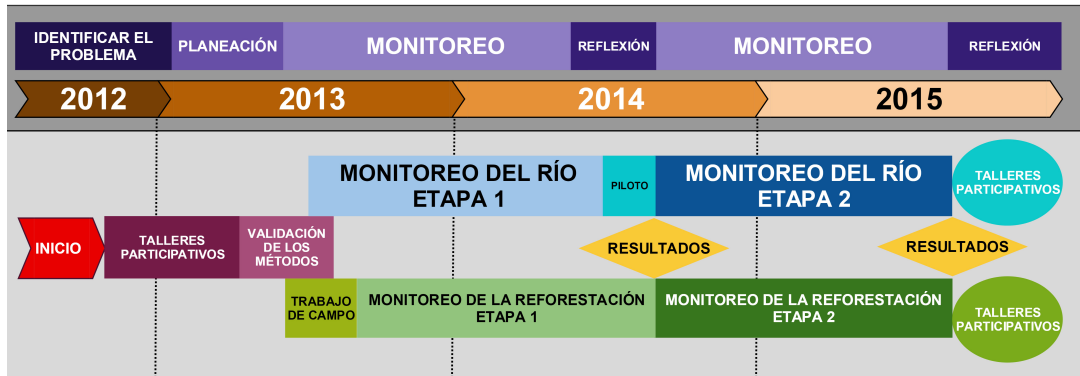
El Laboratorio ha participado en todo el proceso del monitoreo participativo y, junto con la Comunidad y los Comerciantes, apoya económicamente a los dos monitoreos. Finalmente, otros grupos académicos de la UNAM ayudaron en el diseño de las metodologías para ambos.

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.

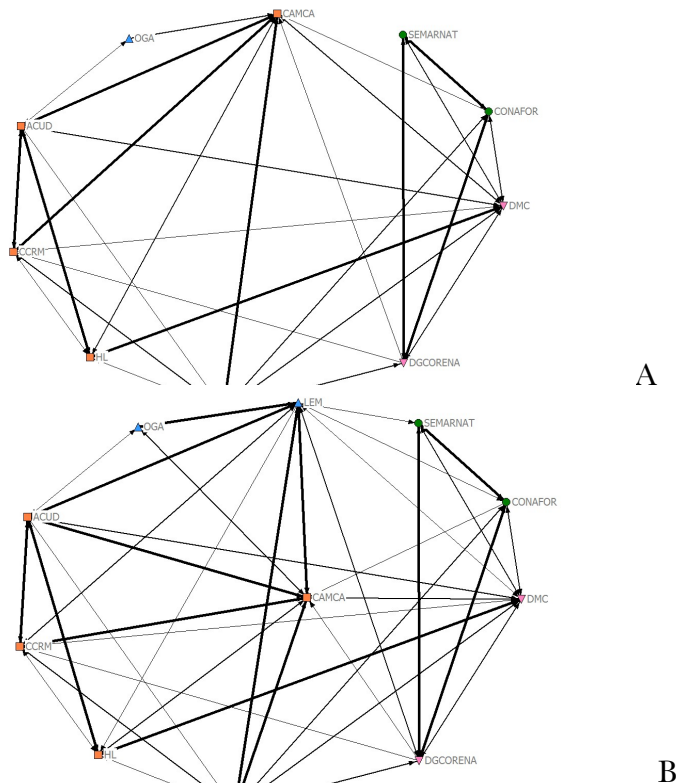


Figura 4. Red de conexiones entre los principales actores identificados dentro del Cuenca del río Magdalena, CDMX. En la imagen (A) se observan las conexiones entre actores sin el LEM. En la B, aparecen las conexiones incluyendo el LEM. El grosor de la flecha indica la intensidad de la relación y si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

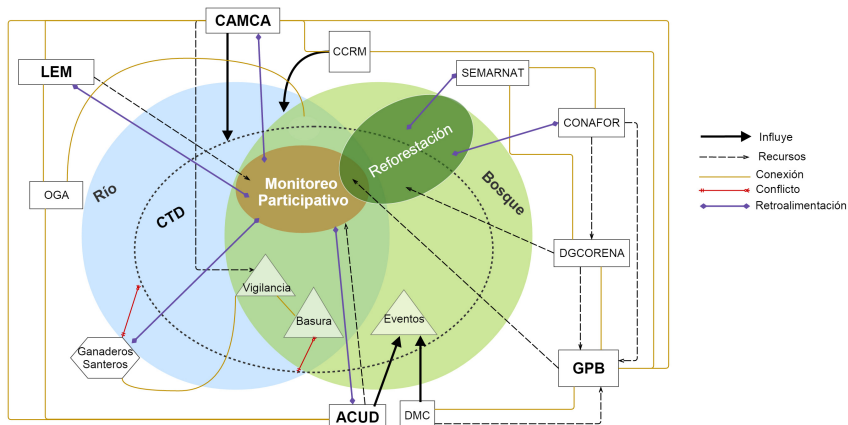


Figura 5. Modelo de actores, conexiones y retroalimentación del SSE bajo estudio. Abreviaturas: Actores locales: CAMCA, Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic, CCRM: Comité de Cuenca del río Magdalena, ACUD: Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos, GPB: Grupo Patrulla del Bosque, BIE-12: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

III. Conservación como base para la resiliencia en Sistemas Socioecológicos

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

Gustavo Manuel Cruz Bello

Profesor-Investigador

Departamento de Ciencias Sociales

Laboratorio de Análisis Socioterritorial (LAST)

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

José López García

Investigador Titular

Instituto de Geografía

Universidad Nacional Autónoma de México

Introducción

Resiliencia es un término que se ha empleado en diferentes disciplinas. Proviene del latín *resilire* (que significa regresar o rebotar), fue primeramente empleado en las ciencias físicas para representar la resistencia de la madera a quebrarse cuando se le aplicaba peso y de ahí se extendió su uso para medir la capacidad de varios materiales para absorber y resistir un impacto (McAslan, 2010). El primero en usarlo como concepto descriptivo en ecología fue Holling (1973), quien la definió como la capacidad de un sistema para absorber cambio y disturbio, manteniendo las relaciones entre las poblaciones de organismos y el estado de las variables de su ambiente. Ya en la década de los 80 del siglo pasado, el término fue usado en psicología refiriéndose a las personas que no cambian su forma de actuar a pesar de la adversidad (CARRI, 2013). Walker y Salt (2006) combinan los límites del concepto considerándolo como la capacidad de los sistemas tanto naturales como humanos para absorber perturbaciones y conservar su estructura y función. Y mencionan que, en un mundo en continuo cambio, las respuestas de los sistemas ante el disturbio o el estrés, dependen tanto de las características actuales del sistema como del contexto en el que se encuentra y las interacciones a diferentes escalas.

Algunos autores han ido más allá, considerando a los sistemas humanos y naturales de forma integrada, denominándolos sistemas socioecológicos, entendiéndose éstos como aquellos sistemas donde el hombre interactúa con los ecosistemas modificándolos con sus actividades y, donde el ambiente, ya sea transformado o no, afecta a las comunidades humanas (Anderies, Janssen y Ostrom, 2004), y definen resiliencia como la capacidad de los sistemas socioecológicos para absorber perturbaciones y estrés mientras conservan la estructura y función de su dominio de atracción (régimen) al tiempo que aprenden de ellos y se auto organizan (Adger, 2003; Eakin et 2013).

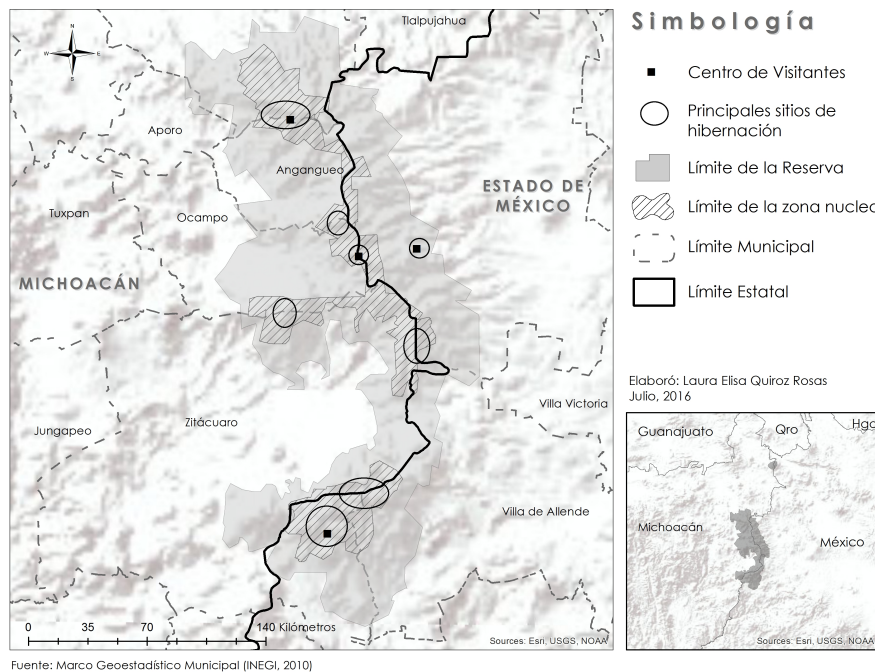
Se ha documentado que el incremento acelerado de las poblaciones humanas y de sus actividades asociadas, para las que ocupan espacio y recursos naturales, han producido una creciente degradación del ambiente, lo que ha provocado la pérdida de hábitat y la extinción de un sinnúmero de especies (Foxcroft *et al.* 2014), además de que ha puesto en peligro el mantenimiento de muchas otras, incluida el *Homo sapiens*.

Como una estrategia para prevenir este deterioro y permitir la conservación en el largo plazo de especies, comunidades o ecosistemas representativos, se han creado las áreas naturales protegidas (Cumming *et al.* 2015). Éstas son el medio por el que se ha preservado tanto el hábitat de especies clave, como los servicios provistos por los ecosistemas, entre otros: el abastecimiento de alimento y agua, la regulación del clima y enfermedades, la provisión de espacios de esparcimiento, educación e investigación y la regulación de los ciclos de nutrientes (MA, 2003), fundamentales para el mantenimiento de las poblaciones humanas. Por esta razón, en las últimas décadas esta estrategia de conservación ha sido instrumentada en diversos países del orbe hasta llegar a cubrir poco más del 12% de la superficie terrestre y 0.5 de la marina (Worboys y Winkler, 2006).

Sin embargo, muchas de las áreas naturales protegidas se encuentran bajo gran presión ante los impactos causados por las actividades humanas y los efectos del cambio climático. En este sentido, el mantenimiento de su resiliencia se ha considerado en últimas fechas como una estrategia primordial para su conservación (Parker y Murphy, 2013).

Esto es particularmente importante para las áreas naturales protegidas que se han creado para la conservación de especies migratorias que recorren grandes distancias y con amplia significancia internacional (Worboys y Winkler, 2006). Este es el caso de la Mariposa Monarca que migra cada año más de 4,000 km por el subcontinente norteamericano, desde Canadá o el oeste de los Estados Unidos de América, hasta la parte central de México (Burnie, 2004).

De ahí la relevancia de analizar como las condiciones prevalentes y futuras permitirán mantener o mejorar la resiliencia de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (RBMM), área natural protegida que se creó en el año 2000 para conservar el hábitat de hibernación de las colonias migrantes de este lepidóptero y que amplió su extensión en el 2009 para proteger al “ajolote arroyero de Toluca” (*Ambystoma rivulare*), especie de salamandra catalogada como amenazada y endémica de nuestro país, de tal forma que se conserve la capacidad de este sistema socioecológico para mantenerse en su estado de atracción actual, permitiendo la conservación de ambas especies. El Mapa 1 muestra la localización general de la RBMM.



Mapa 1. Localización de la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca

El presente trabajo utiliza algunas formas de analizar y mejorar la resiliencia de los Sistemas Socioecológicos que se aplican e ilustran de manera empírica con el caso de la RBMM. Entre ellas destaca el trabajo de Biggs *et al.* (2012) quienes proponen siete principios en un contexto de disturbio y cambio de los Sistemas Socioecológicos para mejorar su resiliencia, a saber: 1)

mantener la diversidad y la redundancia, 2) manejar la conectividad, 3) manejar las variables lentas y la retroalimentación, 4) incrementar el entendimiento de los Sistemas Socioecológicos como sistemas adaptativos complejos, 5) fomentar el aprendizaje y la experimentación, 6) ampliar la participación y 7) promover sistemas policéntricos de gobernanza. En particular para el análisis de la resiliencia de la RBMM, se emplearon los tres primeros, ya que la diversidad de especies, paisajes, grupos humanos, estrategias de vida e instituciones involucradas, permiten contar con diversas opciones para responder a cambios y perturbaciones, proveyendo, además de mayor capacidad de innovación, aprendizaje y adaptación. Por su parte la conectividad considerada como las ligas y relaciones entre tipos de hábitats, parches de paisaje o grupos sociales, permite la dispersión o migración de elementos, facilitando el restablecimiento de los sistemas perturbados al tener la entrada de elementos con los que está conectado. En el caso de la retroalimentación, entendida como la respuesta de un Sistema Socioecológico que refuerza (retroalimentación positiva) o frustra (retroalimentación negativa) cambios subsecuentes en una variable o proceso provocados por modificaciones en ellos, ayuda también a mejorar la resiliencia (Biggs *et al.* 2012).

Análisis de la resiliencia de la RBMM

Para analizar la resiliencia de la Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca (RBMM), se siguió el trabajo desarrollado por Cumming, *et al.*, (2015), quienes evalúan tres grandes rubros: 1) el estado actual del sistema socioecológico, considerando la diversidad de especies, grupos humanos, estrategias de vida e instituciones; 2) los sistemas futuros posibles, identificando la probabilidad de ocurrencia de las trayectorias de cambio y sus principales causas, las cuales pueden afectar la conectividad entre parches de vegetación tanto dentro de la reserva como con en parches fuera de ella, que también reciben monarcas y 3) los mecanismos de ajuste ante el cambio, destacando las acciones de los distintos actores sociales que pueden retroalimentar (positiva o negativamente) las modificaciones ejercidas sobre el sistema socioecológico que representa la RBMM (Biggs *et al.*, 2012).

Estado Actual de la diversidad del Sistema Socioecológico

La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca cubre 56,259 hectáreas en el límite de los Estados de México y Michoacán (Figura 1), esta región alberga el hábitat de hibernación de las colonias de este lepidóptero que participan en uno de los fenómenos migratorios más grandes de insectos, y que fue descubierto en México hasta mediados de los años 70 (Urquhart, 1976). Pero fue hasta finales del año 2000 que por decreto presidencial se estableció como reserva de la biósfera, integrada por tres zonas núcleo que cubrían 13,581 hectáreas y una zona de amortiguamiento de 42,677 hectáreas (DOF, 2000). Para el año 2009 se modificó su área a 13,555 ha de zona núcleo y 42,703 de zona de amortiguamiento con el objetivo de proteger el hábitat del *Ambystoma rivulare* (DOF, 2009).

Así, esta área natural protegida es prioritaria para la conservación del fenómeno migratorio que realizan algunas colonias de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus plexippus*), las que viajan en aproximadamente dos meses más de 4,000 kilómetros entre los grandes lagos en Canadá y los Estados Unidos de América hasta los bosques de oyamel del Eje Neovolcánico de México (CONANP, 2001; Vidal, López-García y Rendón-Salinas, 2013).

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), también la considera como Región Terrestre y Región Hidrológica Prioritaria y, a su vez, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) la define como un Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS), ubicada en una ecorregión en peligro crítico. En 2008, fue declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Además de su importancia para la conservación, esta área tiene gran relevancia en la provisión de servicios ecosistémicos al formar parte de las cuencas de los ríos Lerma y Balsas, que proporcionan más del 30 por ciento del agua que abastece a la Ciudad de México (CONAFOR, 2010; CONAGUA, 2005; Garduño, 2011).

Se caracteriza por un paisaje montañoso con valles intra-montanos, con altitudes que varían entre 2,040 y 3,640 metros. Florísticamente representa una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical, inserta en la provincia Serranías Meridionales de la Región Mesoamericana de Montaña. Se encuentra cubierta por bosques templados, en los que predominan las coníferas (oyamel, pino y cedro) y los encinos que mantienen la recarga de acuíferos, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad representada por 493 especies de plantas vasculares, 50 de hongos y 198 especies de vertebrados (CONANP, 2011), entre otras.

La reserva está compuesta por rocas ígneas extrusivas resultado de abundantes efusiones andesíticas y en menor proporción basálticas, lo que dio origen a conos volcánicos, derrames lávicos, lahares, depósitos de brecha volcánica y cenizas. A consecuencia de la permeabilidad de los depósitos volcánicos la reserva tiene un sistema muy dinámico entre el agua subterránea y el drenaje superficial, lo que ha generado un gran número de manantiales, corrientes y ríos. A nivel local, se distinguen tres mesoclimas que corresponden a los pisos altitudinales. El Templado-Subhúmedo que se localiza de 2,000 a 2,500 m, el Semifrío-Subhúmedo, que registra la mayor extensión, con un rango altitudinal entre 2,500 y 3,000 m y el Frío-Subhúmedo, menos extenso, con una altitud mayor a los 3,000 m (Melo y López, 1989).

Su componente social está integrado por 93 núcleos agrarios conformados por 59 ejidos, 13 comunidades indígenas de origen Mazahua y Otomí y 21 pequeñas propiedades. La mayoría de sus habitantes, principalmente indígenas, sufren de marginación y pobreza, situación que empeoró con su decreto, en el año 2000, como reserva de la biósfera, lo que originó el cierre de las principales fuentes de empleo (CONANP, 2001). Pues de acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA; DOF 1988) en la zona núcleo de una reserva de la biósfera “sólo podrá autorizarse la ejecución de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ambiental, mientras que se prohibirá la realización de aprovechamientos que alteren los ecosistemas” y, aunque en su zona

de amortiguamiento sí se permite la realización de actividades productivas por las comunidades que habitaban el área antes de la expedición de la declaratoria, mientras sean compatibles con el manejo sustentable de la misma (DOF, 1988), estas restricciones resultaron contraproducentes provocando la alteración de la cobertura forestal (López-García, 2007), pues existía una fuerte tradición de extracción forestal y transformación de la madera para muebles y construcción de empaques para los productos agrícolas que se cultivan en la región.

A partir de esta caracterización del estado actual de la RBMM, se puede destacar la existencia de una gran diversidad de elementos tanto en especies de flora y fauna, tipos de paisajes, grupos humanos, estrategias de vida e instituciones involucradas de una u otra forma. Esta diversidad fomenta la resiliencia de la reserva al ofrecer opciones para responder al disturbio. Así, a escala de paisaje, la heterogeneidad espacial asegura que algunos parches permanezcan sin perturbación y provean refugio para las mariposas. Además, desde el punto de vista social el hecho de contar con diversidad de grupos humanos y actividades económicas fortalece la resiliencia de los hogares, ya que las personas pueden re balancear sus actividades para enfrentar los disturbios económicos o ambientales.

Sistemas futuros posibles

Entre 1991 y 2011 poco más de 1,900 ha presentaron algún proceso de degradación en la zona núcleo de la RBMM; de éstas, en 341 ha el proceso fue continuo pudiendo ser considerado, al final del periodo, como deforestación. La mayor degradación se presentó en el municipio de Zitácuaro con 1,370 ha, lo que representó el 84% de la superficie degradada en el Estado de Michoacán. La degradación cubrió menos superficie en el Estado de México con 289 ha, siendo el municipio de San José del Rincón el de mayor afectación con 183 ha, 63% del estado (López-García, 2011; López y Manzo 2015).

Los terrenos de las comunidades indígenas de la zona núcleo presentaron degradación en 1,417 ha; de éstas, el 99% pertenecen al Estado de Michoacán y, sólo 9 ha, al Estado de México. Por su parte las zonas ejidales tuvieron una alteración de sus bosques en 320 ha, de las cuales 141 pertenecen a Michoacán y 178 al Estado de México (López y Manzo, 2015).

La conectividad de parches de vegetación, que representa la posibilidad de restablecimiento de los sistemas perturbados y la migración de la monarca hacia sitios no afectados para cumplir con su ciclo biológico, se ha visto comprometida, ya que la degradación forestal y deforestación en la zona núcleo comenzaron desde 1999, cuando se iniciaron los estudios para su decreto como reserva de la biósfera; en respuesta, las comunidades indígenas y los ejidos manifestaron su rechazo con la tala de 1,910 ha, entre 1999 y 2007 (López y Manzo, 2015). Esta situación también fue reportada por Brenner (2009), quien menciona que el establecimiento de la RBMM causó diversos conflictos sociales que derivaron en un continuo deterioro ambiental, marginación y conflictos sociales, para lo cual se instrumentaron diversos programas para el desarrollo socioeconómico de la región que parece que empiezan a dar frutos.

Así, a partir de 2009 disminuyeron considerablemente la degradación y deforestación en toda la reserva, aunque continúa de forma mínima la tala a pequeña escala. Entre 2009 y 2015,

alrededor del 95% de los cambios en la zona núcleo, son atribuibles al cambio climático que ha provocado la elevación de las temperaturas y el incremento de los eventos climáticos extremos. Así, en el 2009 se produjo una pérdida considerable de árboles producto de la escorrentía y consiguientes deslaves que provocaron las intensas lluvias combinadas con una severa pérdida de cobertura forestal en las partes altas de las cuencas (Vidal y Rendón-Salinas, 2014). Las plagas y enfermedades forestales han sido otro factor en este periodo que ha producido la muerte de árboles (Vidal, López-García y Rendón-Salinas, 2013).

Todos estos factores de disturbio han provocado, tanto en la reserva como en sus alrededores, que se reduzca la conectividad entre parches de bosque de oyamel (*Abies religiosa*), donde la Monarca encuentra refugio y donde se reproducen las plantas del género *Asclepias*, que constituyen el alimento de sus larvas. Esto se ve reflejado en el estudio de Vidal y Rendón-Salinas (2014), quienes reportan que las colonias de mariposas migrantes ha disminuido en los últimos 10 años y atribuyen este decremento, tanto a la degradación y deforestación por tala ilegal en los sitios de hibernación en el centro de México, como a factores en Canadá y los EUA. Destacando en estos países las condiciones climáticas extremas y la destrucción de las zonas de apareamiento por cambio de uso del suelo y la disminución de plantas de *Asclepias*, en los EUA, por el uso de agroquímicos. Así, para garantizar que este fenómeno migratorio perdure, desde el punto de vista de la conservación de su hábitat de hibernación en nuestro país, se debe reducir la destrucción de la conectividad, aminorando o deteniendo por completo el proceso de deforestación en la reserva y en otros sitios de hibernación que han sido reportados en sus alrededores. De hecho, una forma de mejorar la resiliencia de la RBMM es que varios de estos sitios de hibernación de la Monarca, al exterior de la reserva, fueran decretados como sitios de protección formando corredores biológicos que incrementarían la conectividad.

Mecanismos de ajuste ante el cambio

Considerando que la conservación de las colonias migrantes de Mariposa Monarca es el eje conductor de la RBMM, podemos considerar como un medio primordial para incrementar su resiliencia a los esfuerzos realizados para reducir la degradación forestal y la deforestación, tanto en la reserva como en las zonas aledañas donde ha sido reportado que históricamente se ubica aproximadamente el 10% de las colonias que migran para pasar el invierno en el centro de México -90% lo hace dentro de la RBMM-, (Vidal y Rendón-Salinas, 2014). Aminorar también la pérdida de cobertura forestal en las zonas aledañas, que sirven como sitios alternos a la reserva donde estos lepidópteros pueden hibernar, incrementa la resiliencia de la reserva al brindar conectividad entre los corredores naturales para estos insectos y las especies asociadas, tal como los mencionan Maciejewski y Cumming (2015).

Esta reducción en la degradación forestal y deforestación ha sido producto de varios factores, entre los que destacan:

- 1) El combate a la tala clandestina. Vidal, López-García y Rendón-Salinas (2013), atribuyen la reducción de la tala clandestina de gran escala, entre otros factores señalados adelante, a la estricta aplicación de la ley por autoridades federales. En años recientes destaca la supervisión que realiza la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), en coordinación con la Protectora de Bosques del Gobierno del Estado de México, las agencias de seguridad pública estatales y la participación de las Secretarías de la Defensa Nacional y la de Marina-Armada de México, además de la participación de los Comités de Vigilancia Ambiental Participativa (Milenio, 2016);
- 2) El pago de servicios ambientales (PSA). Aquí cabe recalcar que, el mismo año en el que se decretó la zona como reserva de la biósfera, se creó un Fondo Patrimonial para combatir el desempleo y apoyar a los propietarios que cedieron sus derechos de aprovechamiento forestal. Este fondo se conformó por 6.5 millones de dólares para asegurar la conservación de la zona núcleo, el cual más tarde sería llamado Fondo Monarca, manejado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN) y por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), con el apoyo económico de la Fundación David and Lucile Packard, la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y los gobiernos de los Estados de México y Michoacán (CONAFOR, 2011; CONANP, 2001). Del año 2000 al 2009, el Fondo Monarca apoyó a los dueños de bosques con un monto de 26 millones de pesos, lo que propició la reducción de pérdida de la cobertura forestal y fortaleció la participación de las comunidades en tareas de conservación y restauración a través de PSA y apoyando el desarrollo sustentable local. A partir del 2009, la CONAFOR se anexó a este esfuerzo mediante la creación de mecanismos locales de PSA con un monto de 61 millones de pesos para nueve años. En el 2011, 34 de los 38 predios de la zona núcleo de la reserva (9,928 hectáreas) estaban en el programa, aunque 4,627 ha de la zona núcleo y 42,704 ha de la zona de amortiguamiento quedaron sin apoyo (CONAFOR, 2011). Recientemente la RBMM ha recibido otro PSA derivado del Sistema Hídrico Cutzamala, en el que participan los municipios del Estado de México y Michoacán que proveen de agua al sistema Cutzamala que abastece a la zona metropolitana de la Ciudad de México (Calderón, 2013).
- 3) Reforestación. Desde hace varios años diversas asociaciones civiles y de gobierno realizan actividades de reforestación, tan sólo por mencionar alguno de los logros, en el 2015 la Monarch Butterfly

Fund (2016) reportó la siembra de casi 28 mil árboles dentro de la reserva y en zonas aledañas a ésta. Así como el establecimiento de viveros para continuar el programa de reforestación en años siguientes. En esta iniciativa reportan la participación de cientos de personas, así como de asociaciones civiles e instituciones de investigación.

La conjunción de esfuerzos de combate a la tala, el pago por servicios ambientales y los demás modelos de gestión territorial aplicados, permiten mejorar la retroalimentación que existe entre las comunidades y su entorno. Así, teóricamente, al incrementar la retroalimentación entre los factores sociales, ambientales o ecológicos, se podrá mejorar la resiliencia general de la reserva.

El manejo de las áreas naturales protegidas como Sistemas Socioecológicos, es también una cuestión social que depende de las características de las comunidades humanas que habitan en ellas, es decir, de su historia, cultura, tipos de gobierno y características económicas y demográficas, entre otras (Lockwood y Kothari, 2006), así como de las instituciones involucradas en su manejo, ya sean gubernamentales o de la sociedad civil y que pueden o no estar localizadas dentro de la reserva, los turistas y las comunidades aledañas. Las interacciones entre estos actores y las redes socioeconómicas que conforman, ayudan a incrementar la resiliencia de la reserva (Maciejewski y Cumming, 2015). En este sentido, a continuación se hace un análisis de las actividades que algunas de ellas realizan en términos de su impacto en el ajuste ante las tendencias de cambio identificadas que, como se discutió en el apartado anterior, son, principalmente, la degradación forestal y la deforestación.

La mayor parte de la población que habita en la RBMM se dedica a actividades económicas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales, como son la agricultura, la ganadería, la extracción de productos forestales no maderables y las actividades relacionadas al turismo que visita a las Monarcas (Vidal, López-García y Rendón-Salinas, 2013). En este sentido, el establecimiento de la RBMM sin consulta previa a los pobladores provocó diversos conflictos sociales (Brenner, 2009), ya que se les prohibiría la extracción de productos forestales en las zonas núcleo y se les restringirían sus actividades en las de amortiguamiento. Así, cuando las comunidades indígenas y ejidos se enteraron de que sus terrenos iban a formar parte de la declaratoria de reserva de la biosfera, protestaron la medida provocando incendios forestales (Galindo-Leal y Rendón-Salinas, 2005) y talando los bosques (López-García, 2007). Con la finalidad de aminorar el descontento en la población y la consiguiente degradación de las masas forestales, diversas organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil iniciaron programas para la generación de fuentes alternativas de ingresos para los pobladores (Brenner, 2009). La creación del Fondo Monarca ayudó a resolver, en parte, estos conflictos, ofreciendo alternativas de subsistencia a los pobladores para transitar hacia un desarrollo sustentable local. A esta iniciativa se sumaron diversas dependencias del gobierno federal (CONANP, CONAFOR), de los estados de México y Michoacán (COFOM y Probosque), así como organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales.

Entre éstas se puede destacar el esfuerzo realizado por la ONG Biocesnosis, A.C. para la “Formación de Técnicos campesinos e Indígenas”, en el cual se pretende capacitar a los pobladores para llevar a cabo, de forma participativa, las actividades de manejo y conservación de los recursos naturales (García y De la Cruz, 2005). Actualmente esta organización civil, con el financiamiento del FMCN, apoya la operación del Plan micro regional y Comunitario del manejo del fuego en la RBMM, para fortalecer las capacidades locales y la interacción entre las instituciones para prevenir y controlar incendios forestales (Biocesnosis, 2016).

Otro esfuerzo para fomentar la conservación y dar alternativas de empleo a los pobladores de la reserva ha sido involucrarlos en la prestación de servicios turísticos para los visitantes. Estas iniciativas se enmarcan en la “Estrategia Nacional para un Desarrollo Sustentable del Turismo y la Recreación en las áreas Naturales Protegidas de México”, instrumentada por la CONANP (Rodríguez y Acevedo, 2015). En particular, en la RBMM es una oportunidad inigualable por la atracción que ejerce para los visitantes el ver a miles de mariposas congregadas en los santuarios de hibernación. De tal manera que se cuenta con seis accesos con permisos para prestar servicios turísticos. De éstos, el que concentra más del 70% de los turistas es el ubicado en el Ejido El Rosario, donde se construyó un centro de visitantes, una cafetería, una tienda de artesanías, estacionamientos y se señalizaron y adecuaron los senderos. Y aunque sí ha permitido el involucramiento de la población local, no ha logrado el “desarrollo turístico sustentable”, pues no resuelve los problemas de subsistencia de los pobladores a lo largo del año, al tratarse de un turismo de temporada que, generalmente, sólo visita la reserva por unas cuantas horas, ni ha logrado frenar significativamente la degradación de los ecosistemas boscosos (Brenner y San German, 2012; Rodríguez y Acevedo, 2015).

Otro esfuerzo que ha servido para concientizar sobre la necesidad de proteger a la Monarca en su recorrido y sitios de hibernación en México, es el Plan Norteamericano de Conservación de la Monarca, (adendum del Tratado de Libre Comercio de América del Norte), el cual fue aprobado en el 2008 por la Comisión para la Cooperación Ambiental. Y aunque no se derivaron acciones tri-nacionales concretas para su instrumentación (Vidal y Rendón-Salinas, 2014), el plan incluyó como uno de sus objetivos reducir o detener la tala ilegal en las zonas de hibernación para la conservación de la Monarca, lo que sirvió para llamar la atención sobre el problema. Este ejemplo y los anteriores ilustran que, además de la retroalimentación de los elementos sociales y ecológicos al interior de la reserva, existen otros a niveles internacionales e inter-institucionales que permiten la retroalimentación. Finalmente ese mismo año la UNESCO designó a la reserva como Patrimonio de la Humanidad por su importancia natural excepcional, lo que le dio mayor visibilidad a la reserva y a sus problemas.

En resumen, podemos afirmar que existe una gran diversidad de actores que influyen en la resiliencia del sistema socioecológico de la RBMM. Entre ellos se pueden mencionar a los pobladores locales, a las comunidades humanas aledañas, a los turistas, a las instituciones del gobierno federal (CONANP, CONAFOR y CONABIO), a las organizaciones no Gubernamentales (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y el Fondo Mundial para la Naturaleza, entre otras (García y De la Cruz, 2005). Así mismo hay gran diversidad de

mecanismos de protección de los recursos naturales y de fomento al desarrollo sustentable local en la reserva, entre los que se encuentran los incentivos económicos otorgados a través de pagos por servicios ambientales (hidrológicos, por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales), el Fondo para la conservación de la Mariposa Monarca (García y De la Cruz, 2005) y las iniciativas para fomentar actividades económicas alternativas para los pobladores, como la prestación de servicios turísticos.

Conclusiones

La principal relevancia ecológica de la RBMM estriba en la conservación a largo plazo del hábitat de hibernación de la Mariposa Monarca, especie emblemática por la larga migración que realiza atravesando las fronteras de los países de América del Norte. Para lograr esto, las actividades de las comunidades humanas locales y de los visitantes están estrictamente controladas, sobre todo en las zonas núcleo. Es claro, además, que el mantenimiento de la resiliencia de la reserva es fundamental, sin embargo, ha sido documentado que ésta enfrenta diversos factores de presión entre los que se destacan la degradación forestal y la deforestación, anteriormente provocadas por la tala ilegal a gran escala y a últimas fechas por la llamada “tala hormiga”; los eventos climáticos extremos propiciados tanto por el cambio de uso del suelo en las zonas aledañas, como por el calentamiento global. Sin embargo, como se ha presentado, existen diversos factores que permiten mantener la resiliencia de la reserva, entre los que se encuentran la conectividad entre corredores naturales que se establecen entre la reserva y los sitios de hibernación fuera de ella; la diversidad de organizaciones que directamente realizan o apoyan actividades de manejo y conservación, y otras que trabajan concientizando sobre su importancia, lo que incrementa la retroalimentación negativa para frustrar las perturbaciones. Por otra parte, ahora existe mayor diversidad en las estrategias de vida de los pobladores, lo que ha reducido la tala a gran escala, pues ahora aprovechan los beneficios que les ofrece la reserva tanto en la consecución de pago por servicios ambientales, como en su involucramiento en actividades turísticas, prestando servicios de transporte, alimentación y hospedaje aunque, como ha sido reportado, queda aún un largo trecho que recorrer para mejorar sus condiciones de vida. Así pues, todo parece indicar que la diversidad, la conectividad y la retroalimentación provistas por los elementos ecológicos, sociales e institucionales de este sistema, lograrán darle continuidad para mantener su régimen o dominio de atracción en el largo plazo. Sin embargo, la resiliencia del fenómeno migratorio que dio lugar a la RBMM es más incierto, pues no sólo implica el éxito de conservación de los sitios donde las Monarcas pasan el invierno, sino de los que atraviesan en su migración y de aquellos donde habitan el resto del año, ya sea en los EUA o en Canadá.

Referencias

- Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., y Rockstrom, J. (2005), Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309, pp. 1036-1039.
- Anderies, J.M., Janssen, M.A., y Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, 9, pp. 1-18.
- Biggs R, Schleuter, M., Biggs D., Bohensky E.L., BurnSilver, S. Cundill, Dakos, V., Daw, T.M., Evans, L.S., Kotschy, K., Leitch, A.M., Meek, Ch., Quinlan, A., Raudsepp-Harne, C., Robards, M.D., Schoon, M.L., Schultz, L., y West, P.C. (2012). Toward principles for enhancing the resilience of ecosystem services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, pp. 421-448.
- Biocenosis. (2016). Proyectos Vigentes. 2016. Disponible en: <http://biocenosis.org.mx/conservacion/>. Consultado el 17 de febrero de 2016
- Brenner, L. (2009). Aceptación de políticas de conservación ambiental: el caso de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. *Economía, Sociedad y Territorio*, 30, pp. 259-295.
- , y San German, S. (2012). Gobernanza local para el “ecoturismo” en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, *Alteridades* 22, México. pp. 131-146.
- Burnie, D. (editor). (2004). *Animal*, Dorling Kindersley, Londres.
- Calderón, F. (2013). Homologación de los Municipios michoacanos tributarios de agua al Sistema Cutzamla con respecto a los Municipios del Estado de México. *Michoacán*, p. 4.
- CARRI (Community & Regional Resilience Institute). (2013). Definitions of community resilience: an analysis. Disponible en: <http://www.resilientus.org/wp-content/uploads/2013/08/definitions-of-community-resilience.pdf>. Consultado el 26 de febrero de 2016.
- CONAFOR. (2010). Hacia una estrategia integrada de manejo de cuencas: microcuencas del Sistema Cutzamala. Segundo coloquio internacional “Cuencas Sustentables”, hacia la COP16, CONAFOR - SEMARNAT. p. 39.
- , (2011). Servicios Ambientales y Cambio Climático. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) - SEMARNAT. México.
- CONAGUA. (2005). The Cutzamala System. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) - SEMARNAT, México, D.F. p. 49.
- CONANP. (2001). Programa de manejo de la Reserva Especial de la Biósfera Mariposa Monarca. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) – SEMARNAT, México, p. 138.
- , (2010). Monitoreo de las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://>

www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/mariposa/info/info.pdf. Consultado el 17 de febrero de 2016.

Cornejo-Tenorio, G., Casas, A., Farfán, B., Villaseñor, J., e Ibarra, M. G. (2003). Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 73. México, pp. 43-62.

Cumming, G.S., Barnes, G., Perz, S., Schmink, M., Sieving, K.E., Southworth, J., Binford, M., Holt, R.D., Stickler, C., y VanHolt, T. (2005). An exploratory framework for the empirical measurement of resilience. *Ecosystems*, 8, pp. 975-987.

---, Allen, C.R., Ban, N.C., Briggs, D., Briggs, H.C., Cumming, D.H., De Vos, A., Epstein, G., Etienne, M., Maciejewsky, K., Mathevet, R., Moore, C., Nenadovic, M., y Schoon, M. (2015). Understanding protected area resilience: a multi-scale, social-ecological approach. *Ecological Applications*, 25, pp. 299-319.

DOF (Diario Oficial de la Federación). (2000). DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región denominada Mariposa Monarca, ubicada en los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, así como en los municipios de Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro y Aporo en el Estado de Michoacán, con una superficie total de 56,259-05-07.275 hectáreas, 11 de noviembre de 2000, México.

---, (Diario Oficial de la Federación). (2008). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 28 de enero de 1988, México.

---, (Diario Oficial de la Federación). (2009). DECRETO que modifica el Artículo Primero del diverso por el que se declaró como Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva de la Biosfera, la región denominada Mariposa Monarca. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 13 de noviembre de 2009, México.

Eakin, H., K. Benessaiah, J. Barrera, G.M. Cruz-Bello, y H. Morales. (2012). Livelihoods and Landscapes at the Threshold of Change: Disaster and Resilience in a Chiapas Coffee Community. *Regional Environmental Change*, 12, pp. 475-488.

Foxcroft, L.C., Pysek, P., Richardson, D.M., y Genovesi, P. (2014). Protected but vulnerable. *Book Review. S. Afr. J. Sci.* 110, pp. 5 – 6.

García, E., y De la Cruz, J.A. (2005). Caracterización socioeconómica y ambiental de los predios que participan en el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. *WWF*, p. 111.

Garduño, B. (2011). Diagnóstico fitosanitario forestal Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca en el Estado de México. Reporte Técnico. Gobierno del Estado de México. México.

Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, pp. 1-23.

Lockwood, M., Kotheri, A. (2006). Social Context. En Lockwood, M., Worboys, G., Kothari, A. (editores). *Managing Protected Areas: A Global Guide*. Earthscan, Inglaterra, pp. 41 - 72.

López-García J., y Manzo-Delgado L.L. (2015). Evaluación de cambios en la densidad de cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca para determinar el pago por servicios ambientales. En Los pagos por servicios ambientales: intercambio de experiencias de la Red Iberoamericana de PSA. Ángeles Alberto Villavicencio (editora). El Colegio de Michoacán, México, p. 254.

---, (2011). Deforestation and forest degradation in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico, 2003-2009. *Journal of Maps* 2011, pp. 626-633.

---, (2007). Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006 – 2007). Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN), México.

MA (Millennium Ecosystem Assessment Program). (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press. EUA, p. 245.

McAslan, A. (2010). The concept of resilience. Understanding its origins, meaning and utility. Disponible en: <http://torrensresilience.org/images/pdfs/resilience%20origins%20and%20utility.pdf>, Consultado el 26 de febrero de 2016.

Melo Gallegos, C., y López-García, J. (1989). Contribución Geográfica al Programa Integral de Desarrollo Mariposa Monarca. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 19, pp. 9-26.

Milenio. (2016). PROFEPA protege hibernación de la mariposa monarca.

http://www.milenio.com/estados/profepa_mariposa_monarca-profepa_hibernacion_mariposa_monarca_mexico_0_670733007.html Consultado el 17 de febrero de 2016.

Monarch Butterfly Fund. 2016. Forest Conservation/Reforestation. <http://monarchconservation.org/forest-conservation-reforestation/>. Consultado el 14 de marzo de 2016.

Parker, S.R., y Murphy, S.D. (2013). Resilience in a Protected Area: Prospects for Fathom Five National Marine Park. *The George Wright Forum*, 30, Lake Huron, Canada, pp. 50-66.

Rodríguez, G., y Acevedo, A. (2015). Cambios en la vida cotidiana de las mujeres a través de la incorporación al trabajo turístico en El Rosario, Michoacán, México. *Revista El Periplo Sustentable*. 29, pp. 5-33.

Suárez-Mota, M.E., y Téllez-Valdez, O. (2014). Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. *Polibotánica*, 38, pp. 67-93.

Urquart, F. A. (1976). Found at last: the monarch's winter home. *National Geographic*, 150, pp. 160-173.

Vidal, O., López-García, J., y Rendón-Salinas, E. (2013). Trends in deforestation and forest degradation after a decade of monitoring in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve in Mexico. *Conservation Biology*, 28, pp. 177-186.

---, y Rendón-Salinas, E. (2014). Dynamics and trends of overwintering colonies of the monarch butterfly in Mexico. *Biological Conservation*, 180, 165-175.

Worboys, G.L., y Winkler, C. (2006). Natural Heritage. En Lockwood, M., Worboys, G., Kothari, A. (editores). *Managing Protected Areas: A Global Guide*. Earthscan, Inglaterra, pp. 35 – 72.

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

Cecilia L. Jiménez Sierra

Profesor-Investigador

Departamento de Biología

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

Daniel Torres-Orozco

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Ciudad de México

José Carlos Martínez López

Licenciatura de Biología

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

Alma Delia Toledo-Guzmán

Profesor-Investigador

Departamento de Biología

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

Esta investigación es producto del trabajo de la Red Temática CONACyT Áreas Naturales Protegidas (RENANP) y del Proyecto: Ecología y Aprovechamientos de los Recursos Vegetales de las Zonas Semiáridas de México (UAM-I; Depto. de Biología a cargo de Cecilia L. Jiménez Sierra).

Introducción

Históricamente los estudios biológicos se habían desarrollado alejados de los estudios sociales y económicos. Sin embargo, las interacciones entre estos campos o esferas del conocimiento son cada día más evidentes, lo que ha llevado a la aparición de conceptos integrales como el de “socioecosistemas”.

El socioecosistema

Los socioecosistemas (SES) o Sistemas Socioecológicos, son sistemas complejos constituidos por componentes ecológicos intrincadamente relacionados con uno o más sistemas sociales. Son la síntesis de los sistemas ecológicos y sociales. Los sistemas ecológicos son sistemas de interdependencia entre organismos vivos y elementos abióticos que se presentan en un tiempo y espacio determinados, mientras que los sistemas sociales se refieren a todas las relaciones de interdependencia entre los hombres y su ambiente (Anderies, *et al.*, 2004; Maass y Equihua, 2015).

La determinación de los elementos del socioecosistema constituye una tarea complicada, debido a la innumerable cantidad de elementos y variables que en ellos se encuentran. Sin embargo, se pueden reconocer al menos cuatro subsistemas íntimamente relacionados: el capital natural, los ecoservicios, el bienestar humano y los impulsores de cambio (Doormann, 2010).

La estructura y distribución del capital natural o biodiversidad (conjunto de especies presentes en un ecosistema), provee ciertos ecoservicios (como lo son el ciclo del agua y el ciclo de nutrimentos, entre otros), los cuales son modificados con el objetivo de incrementar el bienestar social. Estas actividades repercuten sobre la abundancia y distribución de los recursos bióticos, cerrando de esta manera el ciclo.

Una visión socioecosistémica requiere la colaboración de investigadores con diversas formaciones académicas con el fin de proponer soluciones integrales ante problemas complejos, como la crisis ambiental y el cambio climático (Maass y Equihua, 2015). Una de las soluciones propuestas es el desarrollo sostenible.

Desarrollo sostenible

El modelo de desarrollo sostenible ha sido promovido a nivel mundial desde la Cumbre del Medio Ambiente y el Desarrollo, realizada en río de Janeiro en 1992. Este modelo busca "satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades (CINU, 2016)". A pesar de que hay debate entre las formas de concebir la sostenibilidad, el modelo de sostenibilidad fuerte posee un marco teórico conveniente para la solución de problemas ambientales, ya que puede ser alcanzado cuando se logra una conectividad armoniosa entre el desarrollo social, ecológico y económico. Se trata de un modelo jerárquico; en la Figura 1 se muestra que la economía depende de la sociedad y ésta a su vez de la biosfera (Figura 1).

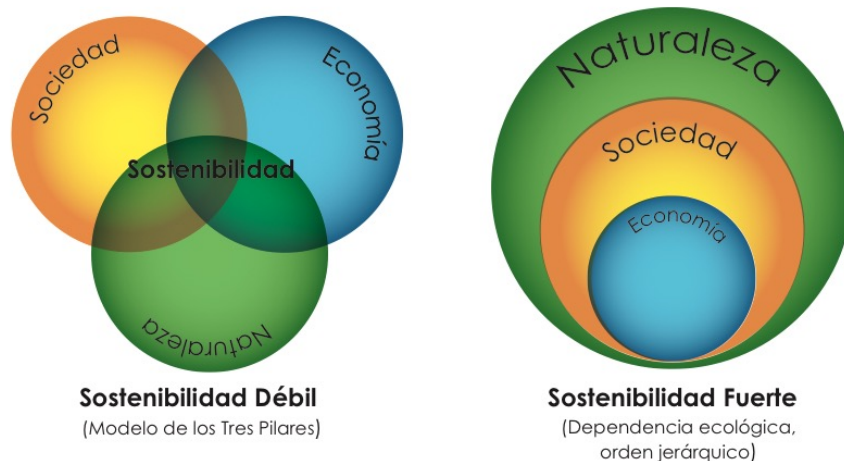


Figura 1. Modelos conceptuales de los componentes del socioecosistema:
a) Modelo de sostenibilidad débil; b) Modelo Jerárquico o de sostenibilidad fuerte (Modificado de Doormann 2010)

Áreas Naturales Protegidas

Probablemente las áreas naturales protegidas (ANP) constituyan una de las mejores alternativas en la búsqueda de un desarrollo sostenible. En México las áreas naturales protegidas surgieron a finales del siglo XIX, con la finalidad de asegurar la conservación de algunos sitios que poseían una belleza natural, así como de proteger cuencas hidrológicas con importancia en el suministro de agua para algunas poblaciones humanas (Torres Orozco, *et al.*, 2015). Actualmente las ANP son consideradas como extensiones de mar o de tierra destinadas a la conservación in situ de la biodiversidad. Estas áreas están reguladas por la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA), así como por el reglamento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y se encuentran manejadas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (CONANP, 2012).

El objetivo fundamental de dichas áreas es el de actuar como promotoras tanto de la conservación biológica como del desarrollo sostenible de las comunidades humanas que en ellas habitan. Es decir, las ANP deben de ligar y promover interacciones sostenibles entre el bienestar humano y el capital natural.

México cuenta con 177 ANP de carácter federal y con otras 370 áreas voluntariamente destinadas a la conservación, con lo que cerca del 13% del territorio nacional está protegido dentro de alguna categoría de protección (CONANP, 2016). Entre las ANP, las Reservas de la Biosfera conforman probablemente la categoría más interesante, debido a que entre ellas se encuentran las áreas con las mayores extensiones y dentro de las mismas se promueve de manera especial la integración entre la sociedad y la naturaleza.

Reservas de la Biosfera

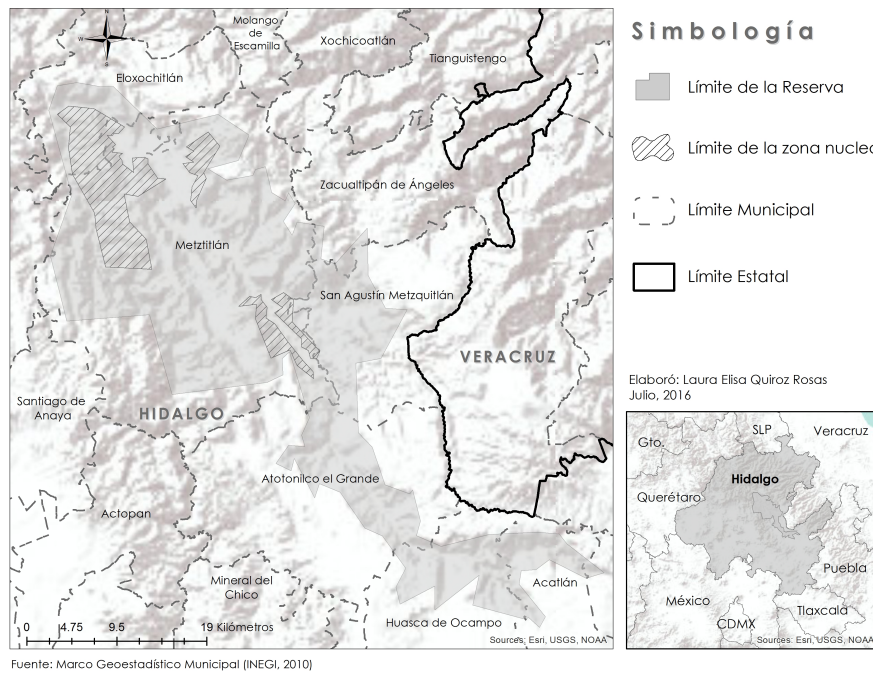
En las Reservas de la Biosfera (RB) las sociedades humanas son consideradas como “un elemento vital” (CONANP 2016), ya que ellas deben actuar como agentes reguladores del desarrollo sostenible. De acuerdo con la LGEEPA (2012) las RB son representaciones biogeográficas a nivel nacional de uno o más ecosistemas de interés general ya sea por su belleza

escénica, su biodiversidad, su valor científico, histórico, educativo o recreativo o por su potencial para el desarrollo del turismo. México tiene 41 Reservas de la Biosfera y cada una de ellas debe contar con su Plan de Manejo en el cual se establecen las actividades, acciones y lineamientos básicos para que se fomente la bioconservación y el desarrollo social del área (Torres Orozco *et al.*, 2015).

En este trabajo nos avocamos a presentar un acercamiento al estudio socioecosistémico de una de las RB de la Región central de México, la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán.

Estudio de Caso: Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM)

La Barranca de Metztitlán fue decretada Reserva de la Biosfera en el año 2000 (CONANP 2003). Ocupa una extensión de 96,042.94 hectáreas y se extiende a lo largo de la cuenca del río Grande o Metztitlán (afluente del río Moctezuma) en la zona centro-este del estado de Hidalgo (México) (Mapa 1).



Mapa 1. Mapa de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán dentro del estado de Hidalgo (México).

El área presenta un mosaico de ecosistemas dominado por el matorral submontano, el matorral xerófilo y el bosque de pino-encino. Cuenta también con ríos y cuerpos de agua donde la laguna de Metztitlán es de especial importancia. Dentro de la reserva se encuentran establecidos 135 poblados y rancherías. La RBBM cuenta con un Plan de Manejo desde el 2003, el cual sentó las bases para su zonificación y para las acciones específicas de su manejo (CONANP, 2003).

Ya que la creación de un ANP debería ser un mecanismo adecuado para propiciar la conservación de la biodiversidad y, al mismo tiempo, promover el bienestar de sus pobladores, y dado que la RBBM cuenta con 15 años de existencia y posee un Plan de Manejo, resulta ser un candidato idóneo para nuestro estudio, a través del cual pretendemos contestar la siguiente pregunta: ¿Existen evidencias sobre beneficios socio-económicos y ecológicos obtenidos en un área que ha sido asignada como reserva natural?

A través de un enfoque socioecosistémico realizamos una evaluación sobre el impacto de la RBBM en aspectos socioeconómicos y ecológicos. El cambio en el bienestar humano fue evaluado a partir de los índices socioeconómicos, mientras que el aspecto ecológico se evaluó a través de los cambios en la cobertura vegetal. Si el papel de la RBBM fuera adecuado, esperaríamos que los índices de desarrollo social y económico mostraran un incremento y que el porcentaje de cobertura vegetal natural permaneciera igual o se incrementara a partir del decreto de la creación de la reserva en el año 2000.

Descripción del sistema

Ubicación y características generales

La RBBM Se localiza en la intersección de la región de la Madre Oriental y el Eje Neovolcánico. Comprende áreas de ocho municipios del estado de Hidalgo: Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán, e incluye la cuenca endorréica del río Grande o Metztitlán; sobresale por su accidentada topografía y presenta un clima de seco a semiseco-cálido con una temporada de lluvia en el verano (CONANP, 2003).

De acuerdo con el Plan de Manejo, las zonas núcleo cubren el 13 % (12,474.13 ha) de la RBBM y la zona de amortiguamiento se encuentra dividida en subzonas en donde se regulan los distintos tipos de aprovechamiento, de asentamientos, acciones de recuperación, usos tradicionales y públicos (Figura 2).

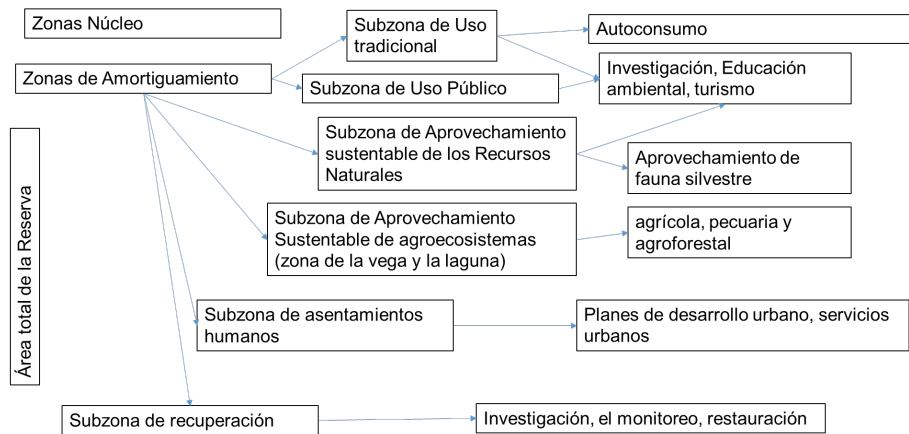


Figura 2.- Subzonas de la RBBM en relación a las actividades que en ellas pueden ser desarrolladas (modificado de CONANP 2003).

Diversidad biológica

Dentro de la reserva sobresalen ocho comunidades vegetales (Figura 3). Las mayores extensiones de la reserva ($\approx 70\%$) están cubiertas por matorrales xerófilos y submontanos. El matorral xerófilo es de especial importancia biológica debido a que su aislamiento en relación a otras comunidades xerófilas del Altiplano Mexicano ha propiciado la aparición de especies endémicas. En estos ecosistemas se encuentran 62 especies de cactáceas, las cuales representan casi la mitad de las reportadas para el estado de Hidalgo y 11 de ellas se encuentran en alguna categoría de riesgo (CONANP, 2003).

En la RBBM la diversidad animal es alta, contando al menos con 60 especies de mamíferos (22 de murciélagos y 19 de roedores); 215 especies de aves; 46 especies de reptiles y 17 de anfibios la mayoría de los cuales son endémicos de México (CONANP, 2003).

La Laguna de Metztitlán es una de las represas naturales de mayor extensión a nivel mundial. Es un refugio tanto para las aves residentes como migratorias. Este cuerpo de agua, proporciona recursos pesqueros y empleo para la población de la vega, además de regular el clima local y proporcionar condiciones para el desarrollo de actividades agrícolas (CONANP, 2003).

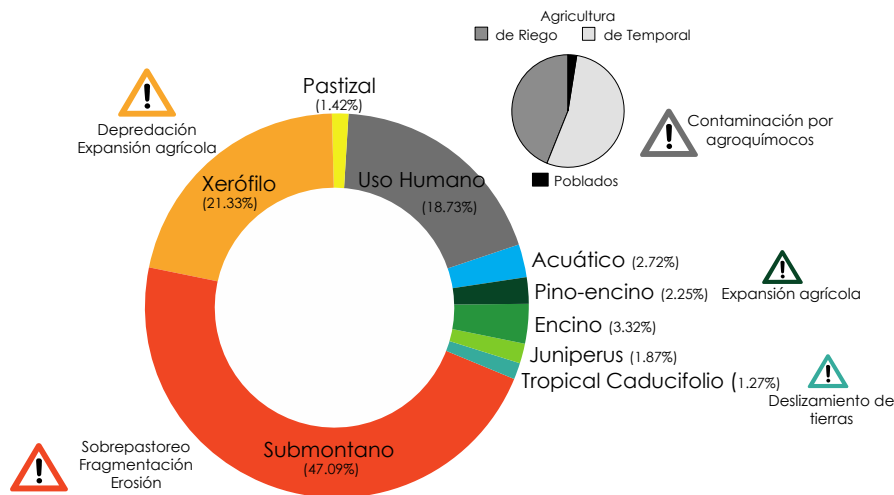


Figura 3. Elementos biológicos del socioecosistema de la RBBM entre paréntesis su cobertura total en porcentaje y se señalan los principales problemas que estos enfrentan (modificado de CONANP 2003).

Diversidad social y cultural

En la RBBM se encuentran pinturas rupestres prehispánicas, así como importantes obras arquitectónicas de la época colonial que nos hablan de la conquista española del pueblo Metzca. Entre las obras coloniales destacan: el ex convento de los Santos Reyes de Metztitlán, que es un tesoro del siglo XVI, la Tercena o Cabildo de Indios y una gran cantidad de capillas, entre ellas, la de Santa María Xoxoteco, la de San Juan Bautista en Atzolcintla y el Santuario Nuestra Señora de la Asunción. Son también de gran importancia los ex conventos de Acatlán, Huasca de Ocampo y de Atotonilco el Grande. Esta región fue el principal centro de actividad de los misioneros agustinos que evangelizaron la Huasteca y la Sierra Alta. En cuanto lenguas, además del español se tienen registrados el Otomí y Náhuatl (CONANP, 2003).

Métodos

Evaluación del bienestar humano

El cambio en el bienestar humano fue inferido a partir de indicadores sociales y económicos de los años anteriores a la creación de la reserva (datos de 1990, 1995 o 2000) y su comparación con datos similares del 2010.

Entre los indicadores socioeconómicos incluimos: el tamaño poblacional; indicadores educativos como: el promedio de años de escolaridad, el número de escuelas primarias, secundarias y bachilleratos; indicadores de salud como el número de médicos, e indicadores económicos como el porcentaje de hombres y mujeres mayores de 12 años económicamente activos, así como el porcentaje de la población en pobreza y pobreza extrema. Todos los datos fueron obtenidos de los registros del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

(INEGI) para los siete municipios que conforman parte de la RBBM. Fue imposible contar con los datos exactos pertenecientes sólo al área de la reserva, por lo que se trabajó con los datos de los municipios completos de las fechas antes señaladas. Debido a que ciertos indicadores carecen de datos anteriores a 1995, en esos casos se utilizaron los datos de ese año.

Se presenta también el índice de rezago social estimado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo (CONEVAL) para los años 2000 y 2010 de las localidades pertenecientes a los municipios que conforman la reserva. Este índice toma en cuenta variables de educación, salud y calidad de la vivienda (CONEVAL, 2010), con lo cual a cada población se le asigna un valor y una categoría entre muy bajo y muy alto rezago social.

Evaluación del cambio ecológico

Para analizar la transformación del capital natural, elegimos trabajar con la cobertura vegetal como indicador ecológico por ser éste una aproximación integral del cambio en el uso de suelo (Shoshany, *et al.*, 1995), así como por su estrecha relación con la biodiversidad de los ecosistemas. Para ello, se evaluaron los cambios en las coberturas vegetales de los años 1990, 2000 y 2014. Se determinaron las tasas anuales de cambio anteriores y posteriores a la creación de la reserva. Para ello se utilizaron técnicas de percepción remota y sistema de información geográfica (SIG). La clasificación de la vegetación se hizo con imágenes de la serie de satélites Landsat, Path 26 Row 46 (Tabla 1), obtenidas del archivo histórico de Landsat disponible en el sitio Glovis administrado por la USGS de los años 1990, 2000 y 2014.

Satélite	Sensor	Año	Mes	Día	Path	Row
<i>Landsat</i>	TM	1990	Marzo	18	26	46
<i>Landsat</i>	TM	2000	Mayo	16	26	46
<i>Landsat</i>	OLI	2014	Febrero	16	26	46

Las imágenes tienen una resolución espacial de 30 metros y fueron corregidas radiométricamente en el software Erdas imagine 9.0, utilizando el método descrito por Chander y Markhan (2003) para Landsat 5 y de Ariza (2013) para Landsat 8. Posteriormente las imágenes fueron re-escaladas a valores de 0-255.

Para generar los mapas de vegetación y uso del suelo, se realizó una clasificación con el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt). Las categorías que no pudieron ser discriminadas con la clasificación digital fueron digitalizadas con una interpretación visual en ArcGIS 9.1 con ayuda del Inventario Nacional Forestal Serie V (INEGI, 2011).

Las tasas de cambio de cobertura terrestre fueron calculadas con la fórmula de la FAO 1995:

$$(((A2 / A1) ^ (1/t)) - 1) * 100$$

Donde: A1 = Área por categoría en el tiempo 1; A2= Área por categoría en el tiempo 2; t= Periodo de tiempo entre A1 y A2

Las categorías clasificadas fueron: 1) Cuerpos de agua (ríos y Laguna de Metztlán; 2) Agricultura de Riego; 3) Agricultura de temporal y pastizal (pastizal inducido y natural) 4) Matorral (Xerófilo y Submontano); 5) Selva Baja Caducifolia; 6) Bosques templados (Bosque de pinos, encino, pino-encino y Juniperus).

Resultados

Evaluación del bienestar humano

Demografía

En el 2000, año de la creación de la RBBM, la población humana de los ocho municipios que conforman la reserva, era de 126,929 habitantes y se calcula que, de ellas, sólo un 25% habitaban en poblados o rancherías incluidos dentro del polígono de la reserva. Los municipios con el mayor porcentaje de pobladores dentro de la reserva eran: Metztlán (88.25% de sus pobladores), Eloxochitlán (64.52%) y San Agustín Metzquitlán (38.28%) (Tabla 2). La densidad poblacional en dicho año era de 2.98 ind/ha, donde el 47.95% de los habitantes eran hombres y el 52.05%, mujeres.

Municipios	Población total	% de la población dentro de la reserva	Población estimada dentro de la reserva *
Acatlán	18619	18.8	3500.4
Atotonilco el Grande	25423	8.65	2199.1
Eloxochitlán	3044	64.52	1964.0
Huasca de Ocampo	15308	11.68	1788.0
Metztlán	20599	88.25	18178.6
Metepéc	10200	6.5	663.0
San Agustín Metzquitlán	8803	38.28	3369.8
Zacuatlipán de Ángeles	24933	2.19	546.0
Total	126929		32208.9

Tabla 2 *Cuadernos Estadísticos Municipales, INEGI, 1990-1995.

Tomando en cuenta los datos del INEGI, en general el porcentaje de crecimiento poblacional pasó del 9% en la década de los 90 (n1990=10,113 habitantes), al 12% en la década de inicios

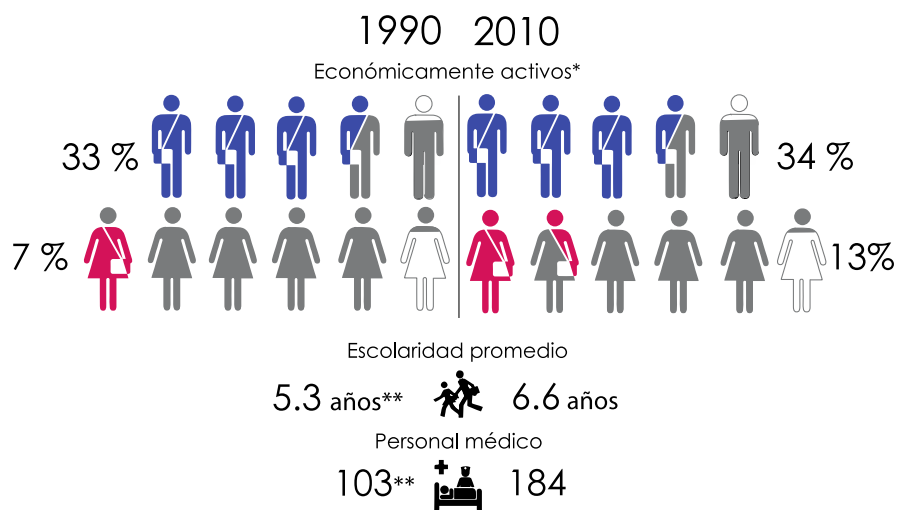
del siglo XXI (n2010=14,923). No obstante, el crecimiento poblacional no fue uniforme entre los municipios. Para el municipio de Eloxochitlán, la disminución de su población se desaceleró y, en el caso del municipio de Meztlán, el patrón de cambio se revirtió de negativo a positivo, aunque este municipio presentó la menor tasa de crecimiento en la década del 2000 al 2010. Llama la atención en esta serie de datos la desaceleración del crecimiento poblacional de Metepec, el cual pasó del 23% al 12% (Tabla 3).

Municipio	1990-2000	2000-2010	Incremento del crecimiento
Acatlán	14%	8%	No
Atotonilco el Grande	0%	6%	Sí
Eloxochitlán	-10%	-8%	Sí
Huasca de Ocampo	9%	12%	Sí
Metepec	23%	12%	No
San Agustín Metzquititlán	6%	6%	No
Metztlán	-4%	5%	Sí
Zacualtipán de Ángeles	26%	30%	Sí
Total	9%	12%	Sí

Tabla 3. Tasas de crecimiento poblacional por municipio. Década anterior (1990-2000) y posterior (2000-2010) al establecimiento de la RBBM.

Economía

Desafortunadamente no existen datos sobre la situación de pobreza de la población en fechas anteriores a la creación de la reserva. Para el año 2010, se estimó que más de la mitad de la población que habitaba dentro de los municipios que conforman la reserva, se encontraba en condiciones de pobreza y que un 16% estaba en situación de pobreza extrema. Los porcentajes de pobreza más altos se presentaron en Metztlán (con un 70% de sus habitantes en pobreza) y Eloxochitlán (con un 20% de su población en pobreza extrema), ambos municipios son los municipios con el mayor número de habitantes dentro del área de la RBBM (Tabla 4).



Municipio	Pobreza (%)	Pobreza extrema (%)
Acatlán	70.95	23.00
Atotonilco el Grande	59.61	13.14
Eloxochitlán	74.15	21.00
Huasca de Ocampo	57.47	12.36
Metepec	60.85	15.18
San Agustín Metzquititlán	56.20	10.00
Metztitlán	76.13	20.00
Zacualtipán de Ángeles	62.72	14.00
Total	64.76	16.09

Tabla 4. Porcentaje de habitantes en pobreza y pobreza extrema para los municipios que conforman la RBBM, tomando en cuenta los datos de 2010. *INEGI 2010

En 1990, las mujeres conformaban el 52% de la población total y sólo el 13% de las mayores a 12 años eran económicamente activas, mientras que el 68% de los hombres mayores a 12 años eran económicamente activos. En el 2010, el porcentaje de mujeres y de hombres mayores a 12 años económicamente activos creció en un 38% y, en gran parte, este incremento se debió a una duplicación en el número de mujeres económicamente activas (Tabla 5; Figura 5).

	1990	2000	2010
Hombres	68%	63%	74%
Mujeres	13%	22%	24%

Tabla 5.

Porcentaje de los hombres y las mujeres mayores a 12 años económicamente activos en los municipios pertenecientes a la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, en el año 1990 (diez años antes de la creación de la reserva), en el 2000 y en el año 2010 (a diez años de su creación).

*INEGI, 1990, 2000, 2010

Datos socioeconómicos de los municipios pertenecientes a la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el año 1990 (diez años antes de la creación de la reserva) y el año 2010 (a diez años de su creación), donde se muestra el porcentaje de la población total económicamente activa por sexo; su escolaridad (años de educación formal) y la cantidad de personal médico presente en la zona. (INEGI, 1990; 2010) (*INEGI, 2000).

Servicios de educación y salud

Los años de escolaridad promedio de la población de 15 años y más, aumentaron de 5.29 en el año 2000 a 6.63 en 2010 (Figura 5). Tanto el número de escuelas primarias como de bachilleratos disminuyeron entre 1995 y el año de fundación de la reserva, no obstante, estos servicios aumentaron en la década posterior. El número de secundarias, médicos por unidad médica y personal médico, han incrementado continuamente desde 1995. A excepción del número de bachilleratos, el cambio en el resto de los indicadores desde la instalación de la reserva, no ha sido notable (Tabla 6).

Servicio	1995	2000	2010
Escuelas Primarias	275	254	266
Escuelas Secundarias	75	82	107
Bachilleratos	4	2	12
Médicos por unidad médica	2.6	3.8	3.7
Personal médico	123	164	184

Tabla 6. Número de escuelas y de médicos en los municipios que forman la RBBM en los años 1990, 2000 y 2010.

* INEGI, 1995, 2000, 2010

Sistema	Cobertura en Ha		
	1990	2000	2014
Cuerpos de agua	1,312	1,600	1,387
Agricultura de riego	9,264	7,317	5,377
Agricultura temporal y pastizal	19,937	22,525	29,421
Matorral	56,410	57,449	53,595
Selva Baja	1,408	835	428
Bosques Templados	7,707	6,312	5,813
TOTAL	96,038	96,037	96,019

Rezago social

Según los datos de la CONEVAL el 54% de las localidades dentro de los municipios que conforman la reserva han disminuido su rezago social, mientras que el 42% ha permanecido con el mismo grado de rezago y tan sólo un 4% de las localidades han aumentado su grado de rezago social entre los años 2000 y 2010 (Tabla 7).

Localidades de la RBBM		Rezago social 2010					Total
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	
Rezago social 2000	Muy alto	2	4	4	0	0	10
	Alto	0	24	78	8	3	113
	Medio	0	2	56	68	5	131
	Bajo	0	0	12	72	42	126
	Muy bajo	0	0	0	0	9	9
	Total	2	30	150	148	59	389

Tabla 7. Cruce del grado rezago social de las localidades dentro de los municipios que conforman la RBBM entre 2000 y 2010

*CONEVAL con base en el II Censo de Población y Vivienda 2000 y el Censo de Población y Vivienda 2010. (Nota: Las localidades sin datos o con cambios en su nombre oficial fueron excluidos del análisis. Para observar parte de los indicadores por municipio en 2000 y 2010 referirse al Anexo).

Evaluación del cambio ecológico

Desde el año de 1990 la extensión de la cobertura vegetal natural ha disminuido. Se identificó que la tasa de pérdida de esta cobertura se ha incrementado desde la creación de la ANP (Figura 7). Del año 1990 al 2000, se observa una disminución en la cobertura de los bosques templados y de la selva baja caducifolia, con un incremento en la cobertura del matorral. En la siguiente década (de 2000 a 2010) continuó la pérdida de cobertura del bosque templado y de la selva baja, y también se presentó una disminución en la cobertura del matorral xerófilo y un incremento en el área de pastizales y de las zonas agrícolas (Tabla 8).

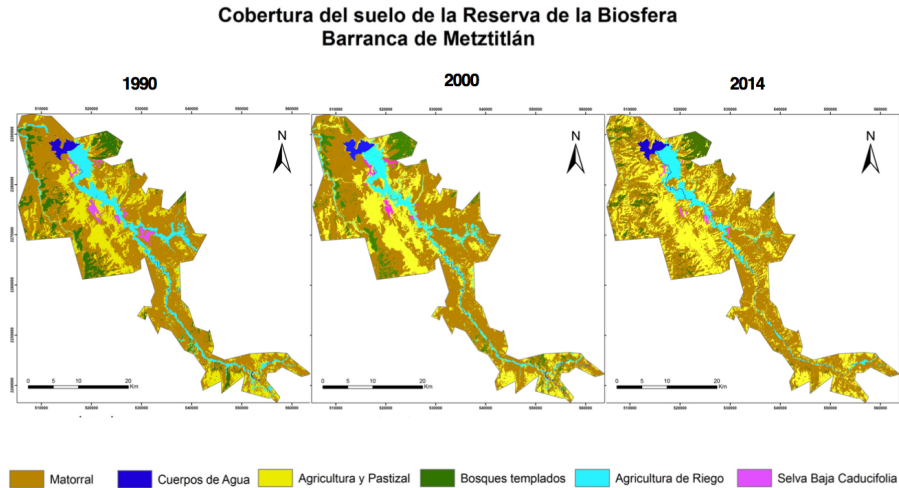
Tabla 8. Cobertura en hectáreas por sistema biológico y año dentro la RBBM.

En 1990, el porcentaje de cobertura vegetal natural era del 68.23% de la superficie total de la reserva; para el año 2000, esta cobertura fue de 67.26% y, para el año 2014, de 62.32%. Como ya se mencionó, la tasa de cambio anual para los bosques templados y las selvas bajas, ha disminuido desde la creación de la reserva, mientras que la superficie de tierras destinadas a la agricultura de temporal y pastizales ha aumentado (Tabla 9).

Sistema	1990-2000 %	2000-2014 %
Cuerpos de Agua	2	-1.01
Agricultura de Riego	-2.33	-2.17
Agricultura Temporal y pastizal	1.22	1.92
Matorral	0.18	-0.49
Selva baja caducifolia	-5.08	-4.66
Bosques templados	-1.97	-0.58

Tabla 9. Tasa de cambio anual de los ecosistemas dentro de la RBBM.

(Signos negativos indican pérdidas de superficie y signos positivos indican una ganancia).



Mapa 2. Cobertura de los ecosistemas de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán en 1990, 2000 y 2010.

Discusión

Los datos aquí presentados nos permiten tener una apreciación del impacto de la creación de un Área Natural Protegida como mecanismo adecuado para propiciar la conservación de la biodiversidad y, al mismo tiempo, promover el bienestar de sus pobladores. La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán constituye un socioecosistema altamente diverso desde de el punto de vista biológico y sociocultural y abarca un área de especial importancia en la región central de México.

Bienestar humano

Los datos relativos al socioecosistema nos muestran que la densidad poblacional es relativamente baja y que el porcentaje de crecimiento poblacional se ha incrementado en cinco de los ocho municipios que forman parte de la reserva, mientras que, para los tres restantes, su porcentaje de crecimiento ha disminuido. Esto último, podría estar relacionado con la falta de oportunidades económicas, lo que causa una alta migración y se ve reflejado en los índices de pobreza y de pobreza extrema. La mayoría de los migrantes se dirigen hacia Estados Unidos, a la capital del estado y al Distrito Federal. Cabe mencionar que en 1999, después de una gran inundación que afectó grandes extensiones de tierra cultivable, Metztitlán tuvo una tasa de emigración del 10.5% de su población económicamente activa (CONANP, 2003). La migración, sobre todo masculina, ha llevado cada vez más a la incorporación de las mujeres a las actividades laborales y ahora es común ver más mujeres en las labores agrícolas (Obs. pers.). A pesar de esto, la escolaridad promedio se ha incrementado, así como los servicios médicos y, el cruce del grado de rezago social, señala que sólo en el 4% de las localidades el rezago se ha incrementado.

No obstante, estos beneficios sociales no sobrepasan los de otras regiones en donde no existen ANP. Por ejemplo, el porcentaje de pobreza y el de pobreza extrema estatal son de un 10% y 3%

menores respectivamente, a los observados dentro de la reserva. Los municipios dentro de la reserva cuentan con un promedio de 1.5 años menor de escolaridad al observado a nivel estatal. En lo referente a servicios médicos los municipios incluidos en la reserva cuentan en promedio con un médico menos por unidad médica que el promedio para Hidalgo y cinco médicos menos por unidad médica que el existente a nivel nacional (INEGI, 2010).

Desde el 2013, la CONANP elaboró la Estrategia Nacional de Negocios Sustentables, la cual busca establecer proyectos o negocios productivos en donde los productos obtengan un valor agregado por provenir de un desarrollo sustentable, fomentando así la inclusión social (muchos negocios promueven la participación de la mujer), la conectividad comunitaria y la conservación de la diversidad de conocimientos tradicionales (CONABIO, 2014). Esta es una estrategia vital para mejorar el bienestar humano, sin embargo, la RBBM aún no cuenta con proyectos de este tipo. Sin embargo, la reserva cuenta con diversas unidades de manejo ambiental (UMA), las cuales brindan diversos beneficios económicos y están principalmente destinadas a la conservación, propagación y venta de cactáceas y suculentas (Obs pers.).

Cambios ecológicos

De acuerdo con los trabajos de Vázquez-Cuevas y Roldán Aragón (2010); Valdez-Lazalde, Aguirre-Salado, Ángeles-Pérez (2011) y Reynoso-Santos (2014) tanto en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, como en la cuenca completa de Metztitlán, se han presentado pérdidas en la cobertura vegetal. Éstas debidas principalmente a la disminución de las áreas de bosques templados y de matorral, desde los años 70 hasta el decreto del área natural protegida en el año 2000. Nuestros resultados demuestran que la pérdida en cobertura natural desde el año 2000 sigue existiendo, aunque en menor proporción, y se debe principalmente a la pérdida del matorral xerófilo, ocasionada por la expansión agrícola (CONANP 2003; Valdez-Lazalde, *et al.*, 2014). Esto coincide con lo encontrado por Vázquez-Cuevas y Roldán Aragón (2010), para el crecimiento anual en las categorías de pastizal (2.04%) y agricultura (1.47%) en el periodo de 1973-2006.

Otro de los factores que podría estar influenciando la aceleración en la pérdida de matorral, es la colecta de cactáceas y especies endémicas. Entre estas actividades fue conocido el saqueo de poblaciones del viejito (*Cephalocereus senilis*), el cual es una cactácea columnar que se ha convertido en la especie emblemática de la RBBM. Entre los avances muy loables que se han logrado en la reserva, está el cambio de actitud de los pobladores en relación a la protección de su riqueza biológica, lo cual se ha logrado gracias a las constantes campañas de educación ambiental. Ahora los pobladores locales aprecian la riqueza biológica como un patrimonio importante para heredar a las siguientes generaciones. Limitaciones

Resulta conveniente señalar que los resultados de este trabajo tienen un alcance descriptivo y están limitados a la información cartográfica y de INEGI disponible a la fecha. Además, se requiere analizar el cambio de cobertura en la periferia de la reserva, con lo que se podría brindar una visión más completa sobre el rol de la ANP.

Visión a Futuro

Tomando en cuenta los datos aquí presentados, los logros obtenidos a diez años de la creación de la reserva, señalan que aunque se ha logrado éxito en algunos rubros, queda aún mucho por hacer para que sus beneficios lleguen realmente a todos los sectores de la sociedad.

La estrategia nacional para las áreas protegidas E-2040, ayudará a integrar el paisaje fomentando el manejo holístico a través del desarrollo sustentable (CONANP, 2014). Esto podría mejorar la actual gestión de la reserva y producir cambios más significativos tanto en desarrollo humano como en la conectividad ecológica. Como Juffe-Bignoli, *et al.*, (2014) establecen, la designación de una ANP no es suficiente, también es necesario que las áreas estén bien manejadas y conectadas tanto social como ecológicamente, reconociendo así los beneficios del desarrollo sostenible.

Actualmente la conectividad social en la RBBM, como en el resto de las ANP mexicanas, se fomenta a través de un consejo de asesores que está conformado por personas locales, instituciones gubernamentales y la academia (CONANP, 2015). No obstante, como nuestros resultados lo demuestran, esta conectividad aún no ha impactado sobre la mayor parte de los índices socioeconómicos ni ecológicos. Probablemente se deba a la resiliencia del sistema al cambio, o a que los cambios no son observables en tan sólo una década.

La conectividad biológica dentro de la reserva aún cuenta con presiones, sobre todo en lo que se refiere al matorral y los cuerpos de agua, debido al aumento de tierras para agricultura. Es de vital importancia reconocer estas pérdidas de cobertura y proponer soluciones para evitar la fragmentación del ecosistema. Últimamente se está abordando la conectividad a nivel paisaje, ya que la RBBM forma parte del programa Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (CESMO). Este programa busca fomentar la conectividad, tanto biológica como social, para afrontar la amenaza del cambio climático en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (GIZ-COBIO, 2015).

De tal manera que las ANP serán los núcleos de gestión y manejo, tanto biológico como social, de áreas más extensas, con el objetivo de conservar y fomentar el desarrollo sustentable de toda una región. Al esperarse que la RBBM funja como uno de estos núcleos, se tendrá que seguir buscando una excelente conectividad y una retroalimentación positiva entre los distintos elementos del socioecosistema que muestren tendencias favorables y cambios más conspicuos, tanto en el bienestar como en la biodiversidad.

Referencias

Anderies, J.M., M.A. Janssen y Elinor Ostrom. (2014). A framework to analyze the robustness of social-ecological Systems from an Institutional Perspective. *Ecology and Society* 9, p. 18.

Ariza, A. (2013). Descripción y corrección de productos Landsat 8. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. pp. 45. Disponible en: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

Chander, G, y Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 41, pp. 2474-2677.

CINU, 2016. Consultado del vínculo web: <http://www.cinu.mx/temas/medio-ambiente/medio-ambiente-y-desarrollo-so/>

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2014). Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (cdb). CONABIO. México.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2003). Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. CONANP, México.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2012). Áreas Naturales Protegidas. Consultado el 21 Enero de 2016. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2014). Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). (2015). Consejo Asesor RB-Barranca de Metztitlán. Consultado del vínculo web: http://www.conanp.gob.mx/rendicion_cuentas/consejos_anp/metztitlan.php

CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo). (2010). Consultado del vínculo web: <http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Índice-de-Rezago-social-2010.aspx>

Doormann, L. (2010). El desarrollo sostenible es posible y necesario. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Ministerio de la Industria. Secretaría de Industria y comercio. Saber más, 89. Consultado del vínculo web: <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc89/pdf/sc89.pdf>

FAO. (1995). Evaluación de los Recursos Forestales 1990, países tropicales. Estudios Forestales de FAO. Número 112, Roma, pp. 41.

GIZ-COBIO. (2015). ¿Qué es el CESMO? Consultado del vínculo web: <http://premiocesmo.org.mx/sobre-el-cesmo/>

Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., -Deguignet, M., Bertzky, B., Milam, A.N., Martinez-Lopez, J., Lewis, E., Eassom, A., Wicander, S., Geldmann, J., van Soesbergen, A., Arnell, A.P., O'Connor, B., Park, S., Shi, Y.N., Danks, F.S., MacSharry, B., Kingston, N. (2014). Protected Planet Report 2014. UNEP-WCMC. Cambridge, Reino Unido.

LGEEPA. (2012). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, última reforma publicada 04.06.2012

Maass, M y M. Equihua. (2015). Earth Stewardship, Socioecosystems, the Need for a Transdisciplinary Approach and the Role of the International Long Term Ecological Research Network (ILTER). En R. Rozzi; F. S. Chapin III; J. B. Callicott; S.T.A. Pickett ME. Power; JJ. Armesto RH. May Jr. (Editors). Earth Stewardship Linking. Ecology and Ethics in Theory and Practice. Springer International Publishing Switzerland. Ecology and Ethics. 2. pp. 233-249.

Shoshany M., Lavee H. y Kutiel P. (1995). Seasonal vegetation cover changes as indicators of soil types along a climatological gradient: a mutual study of environmental patterns and controls using remote sensing. International Journal of Remote Sensing, 16.

Torres Orozco D., Jiménez-Sierra CL., Sosa-Ramírez J., Cortés-Calva, A., Breceda Solís-Cámara, L., Iñiguez-Dávalos, I y Ortega-Rubio A. (2015). La importancia de las áreas naturales protegidas en nuestro país. En Ortega-Rubio, A. Pinkus-Rendón, MJ. y Espitia-Moreno IC. (Editores). Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México. pp. 41-69. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, La Paz BCS, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. p. 572.

Valdez-Lazalde, J. R., Aguirre-Salado C. A. y Ángeles-Pérez G. (2011). Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del río Metztlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 17, pp. 313-324.

Vázquez-Cuevas, G. M. y Roldán Aragón, I. E. (2010). Evaluación de los cambios de cobertura del suelo en la reserva de la biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México (1973-2006). Papeles de Geografía, 51, pp. 307-316

IV. Resiliencia de recursos hídricos en Sistemas Socioecológicos

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

Nancy Arizpe

Lucia Almeida-Leñero

Julieta Jujnovsky

Alya Ramos Ramos

Laboratorio de Ecosistemas de Montaña

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

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

Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

Método

zona de estudio

Componentes metodológicos

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

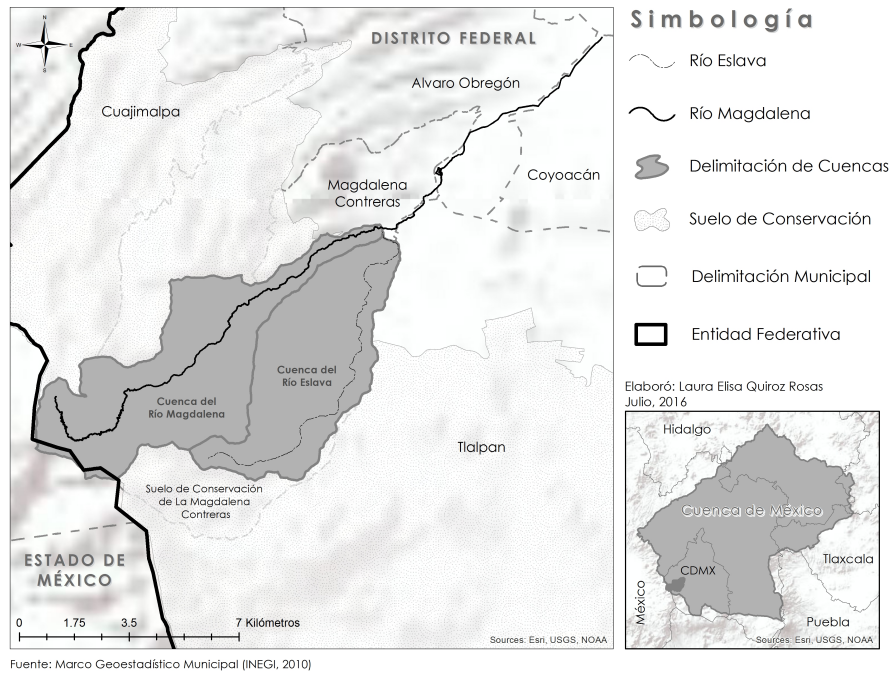


Figura 1. Diagrama metodológico para el análisis de la resiliencia en la Cuenca del río Magdalena, CDMX.

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

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

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



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

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



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

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

Asentamientos en las zonas agrícolas y venta de tierras.

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

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

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

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

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

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

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

Llegada del ferrocarril a la zona (1867).

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

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

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

Época prehispánica

(1303)

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

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

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

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

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

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

Resultados

Análisis de la diversidad de los SE en la CRM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

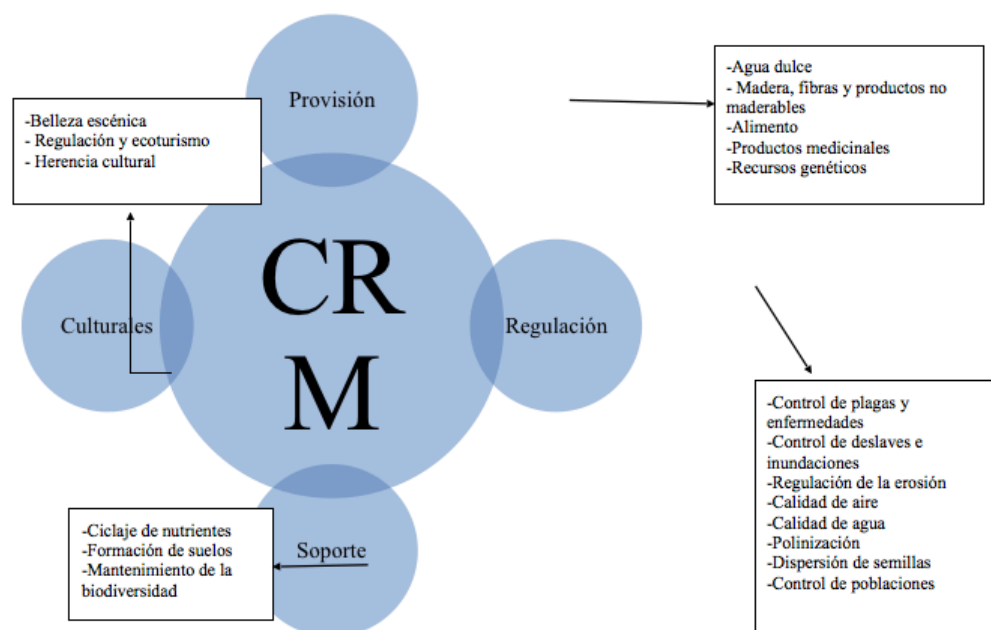


Figura 4. Servicios ecosistémicos de la CRM. Basado en Jujnovsky *et al.*, (en prensa)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Análisis de la retroalimentación integral en la CRM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Conclusiones

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

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

Referencias

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ontiveros, A. (1980). Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena. (Tesis licenciatura en Geografía), Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

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

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

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

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

10. Resiliencia en el sistema
socioecológico del Valle de Toluca
ante problemas de estrés hídrico

Citlalli Aidee Becerril Tinoco

Catedrática CONACYT

Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora Centro

Interdisciplinario de Estudios Metropolitanos Centro Met

La autora agradece profundamente a la Maestra Maira Yuritzí Becerril Tinoco por su contribución y retroalimentación académica para completar este capítulo. Igualmente, se extiende el agradecimiento a los dictaminadores del artículo, y la obra en su conjunto, por su valiosa aportación y cuestionamientos para mejorar el análisis de este artículo.

Introducción

Los problemas de dotación de agua potable en las ciudades no necesariamente son causados por la disponibilidad o por la escasez de recursos hídricos. Por el contrario, Mehta (2003) muestra que dichos problemas también pueden ser causados por la forma en que los diferentes grupos gobernantes se organizan para administrar, manejar y proveer el servicio de agua potable. Este tipo de problemas se conoce como escasez hídrica y se caracteriza porque es creada por fuentes antrópicas y no necesariamente por la disponibilidad física del agua en el territorio.

La contradicción disponibilidad-escasez exhibe un problema que es preciso analizar a partir de un enfoque que reconozca la interacción entre aspectos socioculturales y biofísicos. Por lo tanto, en este artículo se retoma el enfoque de Sistemas Socioecológicos (SSE) para analizar qué tan resiliente es la región del Valle de Toluca para hacer frente al problema de escasez hídrica. Para ello se observarán tres variables que los sistemas utilizan para hacer frente a las perturbaciones que surgen dentro de este: conectividad, diversidad y retroalimentación. Cabe señalar que el SSE del Valle de Toluca está localizado en una zona abundante en agua subterránea; no obstante esta riqueza hídrica, la región presenta insuficiencia en el suministro de agua potable, cuya responsabilidad recae en los comités de agua, organizados por usos y costumbres. Un marco conceptual basado en el análisis de sistemas socio-ecológicos y la evaluación de la capacidad de resiliencia de la población, puede contribuir a mejorar la comprensión de este problema.

El término resiliencia permite distinguir la capacidad de control y la potencialidad de recuperación de un determinado grupo social frente a una amenaza externa. Entre los autores que han investigado sobre el tema se pueden mencionar las aportaciones de Ashby, 1957; Buckley, 1968; Maturana y Varela, 1984; Holling, 2002; Cumming, *et al.*, 2005, Christmann, *et al.*, 2012; Luhmann, 2013; Gallopin, 2016; entre otros. Esta investigación, se ha basado especialmente en la sistematización que al respecto han realizado los investigadores chilenos Urquiz-Gómez y Cadenas (2015) sobre vulnerabilidad hídrica.

Este capítulo se centra en analizar el problema de estrés hídrico que padecen tres ciudades peri-urbanas del Estado de México: San Francisco Tlalcilcalpan, Santiaguito Tlalcilcali, y San Mateo Otzacatipan; nombradas de aquí en adelante San Francisco, Santiaguito y San Mateo; las tres ciudades se encuentran localizadas en un área rica en agua subterránea. A partir de este concepto se propone analizar la capacidad de resiliencia de los actores sociales, para hacer frente a situaciones de vulnerabilidad ante la disponibilidad de agua en un sistema ecológico, el SSE del Valle de Toluca. Para conocer con mayor profundidad un sistema socioecológico es indispensable vincular sus características tanto sociales como ecológicas. Para ello, la teoría de sistemas complejos representa una oportunidad que permite entender los procesos de ambos sistemas.

Así mismo se analizará la capacidad de adaptación de la población para enfrentar las dificultades derivadas de la insuficiencia en el servicio de agua potable. Conocer las respuestas de una sociedad que actúa en lo inmediato político, donde se crean nuevas formas de horizontalidad

y verticalidad entre conocimiento, poder, y acción política permite tener una mayor aproximación al problema de agua en un Sistema Socioecológico.

La estructura que seguirá este artículo consta de cinco secciones principales. En la primera se hace una aproximación teórica a la resiliencia en Sistemas Socioecológicos. La segunda incluye la metodología seguida para conocer el SSE mencionado en donde se presenta una caracterización físico-geográfica del área de estudio. La tercera discute sobre el estrés hídrico problematizado en el Sistema Socioecológico del Valle de Toluca. En esta misma sección se enuncian los indicadores que nos permiten conocer la existencia de estrés hídrico. La cuarta sección analiza tres conceptos de los SSE: conectividad, diversidad y redundancia y retroalimentación. Éstas, son características de los sistemas resilientes y son identificadas en los tres casos de estudio retomados como ejemplos para conocer el problema de estrés hídrico en las comunidades relacionadas y, con ello, el SSE del Valle de Toluca. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Resiliencia en sistemas socioecológicos

La capacidad de resiliencia de un sistema se relaciona con la posibilidad que dicho sistema tiene de encontrar nuevos estados posibles luego de sufrir una perturbación, para lo cual el sistema experimenta cambios adaptativos (Holling, 2002), que suceden sin que el sistema cambie su estructura básica. En este sentido, la resiliencia muestra la capacidad que tiene un sistema para reorganizarse manteniendo sus características esenciales.

Entendemos por perturbaciones a las interacciones que alteran el sistema. Éstas pueden ser regulares, cuando forman parte de la dinámica del Sistema Socioecológico, por ejemplo, la alternancia de la temporada de lluvia y sequía; y extraordinarias, si son ajenas a su dinámica, tal es el caso de la disminución del manto acuífero por excesiva demanda (Salas-Zapata *et al.* 2011). En los SSE las amenazas o perturbaciones pueden ser tanto sociales como ambientales, ya que ambas pueden desatar cambios en alguno de sus subsistemas.

De acuerdo con la teoría de Sistemas Socioecológicos, “los sistemas sociales se mantienen gracias a un constante intercambio de materia, energía e información con su medio ecológico. Esas relaciones y los procesos asociados a ella, pueden dar lugar a modificaciones en el funcionamiento o la estructura del sistema social debido a cambios en el entorno ecológico” (Gallopín, 2006, en Gómez-Urquiza y Cadena, 2015).

En este sentido, la resiliencia es “un esquema de observación del acoplamiento entre un sistema y su entorno, la cual pone el acento en la capacidad de un sistema para responder de manera adaptativa a diversas perturbaciones del entorno.” (Gómez-Urquiza y Cadena, 2015). Nos referimos a la adaptación en el sentido de la “disponibilidad generalizada en el sistema para activar cambios estructurales en diversos ámbitos internos en pro de mantener su viabilidad” (Gómez-Urquiza y Cadena, 2015). Cabe señalar que un sistema sólo puede cambiar sus entidades variables (estructura), es decir, sólo puede cambiar estructuralmente, mientras que mantiene sus propiedades constantes (organización) (Maturana y Varela, 1984). Por esta razón,

para conocer la capacidad de resiliencia de un sistema, es preciso conocer cuáles son las variables o propiedades estructurales que lo definen.

En general, de acuerdo con el estudio que aquí se presenta, se observa que una perturbación dramática es generada por la variable económica y la forma de auto-organización del sistema para resolver los problemas derivados de esta perturbación. En el contexto de esta investigación, consideramos que un sistema socio-ecológico resiliente activa, al menos, tres principios centrales para hacer frente a las amenazas de desestabilización del sistema. En primer punto, un sistema resiliente activaría una variedad de elementos institucionales, tecnológicos, productivos y ecológicos para aumentar sus posibilidades de reacción: Diversidad y redundancia. En este sentido, eliminar la especialización y no redundancia de elementos, sería clave para mantener la flexibilidad del sistema; en segundo lugar, un sistema resiliente trabajaría sobre la ampliación, consolidación y extensión de vínculos y redes de colaboración: Conectividad. La acción colectiva sería determinante para resolver las vulnerabilidades individuales como un asunto de importancia sistémica. Un tercer elemento de la resiliencia sistémica se relaciona con la capacidad de generar un aprendizaje compartido y abierto para incorporar nuevos conocimientos y recordarlos a través del tiempo: Retroalimentación (Nykqvist, 2012. En Gómez y Cadena, 2015). En este punto se destaca la importancia de la innovación para generar cambios favorables a todo el sistema.

La capacidad adaptativa de un sistema resiliente, se relaciona con las posibilidades de gestión y gobernanza que tiene el sistema para mitigar las amenazas y mejorar la relación con el ambiente. Por lo tanto, para entender la forma en que los sistemas resilientes se adaptan, es necesario comprender cómo se define la vulnerabilidad frente a una amenaza. Urquiza-Gómez y Cadena (2015) sistematizan tres elementos identificados en la literatura sobre resiliencia, que permiten entender la vulnerabilidad: 1) exposición frente a una amenaza del entorno ecológico; 2) Dificultades del control de esa amenaza; 3) Dificultades de recuperación frente a los daños causados.

Sin embargo, cabe aclarar que la resiliencia no necesariamente es un término positivo. Por ejemplo, un sistema puede ser resiliente pero no sustentable a largo plazo, o puede generar una adaptabilidad negativa que no produzca beneficios deseables para la sociedad.

La teoría de sistemas complejos representa una oportunidad para entender, de manera integral, los componentes de un Sistema Socioecológico, así como los procesos resultantes de las entradas y salidas de energía a dicho sistema. El enfoque de Sistemas Socioecológicos, permite entender el “entramado de relaciones en torno a recursos, que son necesarias para la vida humana, en donde interactúan variables sociales y ambientales” (Ostrom, 2009. En Urquiza-Gómez y Cadenas, 2015).

Por otro lado, los sistemas complejos son autónomos; esto implica que, si bien un sistema puede interactuar con su entorno, percibirlo y reaccionar ante éste, el entorno “no tiene la posibilidad de controlar o dirigir cambios al interior del sistema” (Holland, 1992; Luhmann, 1998; Cumming, 2011). Por esta razón insistimos en la capacidad auto-organizativa del sistema, como un elemento indispensable para hacer frente a la entropía o inestabilidad del sistema. La

capacidad de auto-organización es una condición necesaria para reaccionar de manera resiliente o adaptativa frente al entorno, y evitar que el propio sistema se vuelva vulnerable a éste, ya sea en su componente social -por ejemplo, ante la pérdida de soberanía sobre el recurso hídrico- o ecológico, enfrentando problemas de escasez. En condiciones favorables de adaptabilidad, se esperaría que un sistema complejo pudiera cambiar su estructura antes de volverse vulnerable.

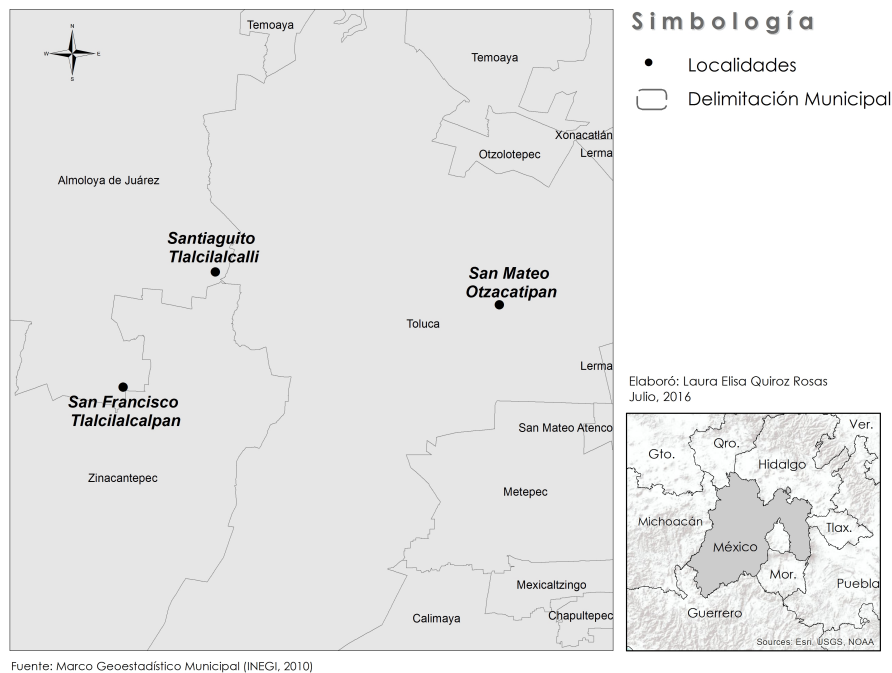
Siguiendo este enfoque podemos observar “el conjunto de elementos que interactúan entre sí en diferentes niveles, con diferentes grados de autonomía y con propiedades auto-organizativas”, tal como lo propone Von Bertalanffy (1976) bajo la perspectiva de la cibernética de segundo orden.

En resumen, la literatura socioecológica argumenta que en la sociedad, las condiciones de comprensión de los sistemas biofísicos están determinadas por los recursos sociales (por ejemplo, científicos), a partir de los cuales se observan los problemas. En este sentido, la perspectiva de observación de un sistema social dado, está relacionada con la forma en que éste resuelve un problema de referencia activando los recursos que tiene para ello, es decir, su capacidad de resiliencia.

Metodología para el análisis del sistema socioecológico del Valle de Toluca

Localización geográfica del área de estudio

Las ciudades que se estudiaron se localizan en el SSE conocido como Valle de Toluca. Estas ciudades presentan el mayor número de problemas por agua en las zonas peri-urbanas de los municipios de Almoloya de Juárez y Toluca, a los cuales pertenecen; ambas se encuentran dentro de los límites político-administrativos del Estado de México. Las poblaciones de Santiaguito y San Francisco se localizan en Almoloya de Juárez, mientras que San Mateo, forma parte del municipio de Toluca. Almoloya de Juárez se localiza al noroeste del municipio de Toluca. El siguiente mapa muestra la localización Geográfica de las ciudades consideradas.



Mapa 1. Localización Geográfica de las ciudades casos de estudio

Santiagouito se localiza al Noroeste, San Francisco al Oeste y San Mateo al Noreste de la ciudad de Toluca. San Francisco y Santiagouito se encuentran en la cara Norte del volcán Xinantécatl o nevado de Toluca, la cual es un área con abundante agua subterránea y superficial, debido a su geología volcánica.

La geología de la zona está compuesta por 57.5% de rocas ígneas extrusivas, que son las que mayormente predominan en la región (Contreras Domínguez, *et al.*, 1998). El 23.6% está cubierto por suelos aluviales, residuales y depósitos de lagos; y, el 18.9% está cubierto por rocas sedimentarias (SARH, 1983). Estas características permiten la acumulación de recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.

En cuanto a las características sociales, según datos del INEGI (2011) la población total de las ciudades caso de estudio, es de 47,926 habitantes. Todas ellas, se localizan en una zona rica en agua subterránea pero con problemas de escasez causado por situaciones antrópicas, las cuales serán analizadas a lo largo de cada capítulo.

Características poblacionales del área de estudio

Para entender la forma en la que la población identifica y comunica la escasez hídrica es necesario, primero, apuntar las características que la definen. La población de los casos de estudio, ha incrementado desde finales de los 90. En 2005, estas comunidades fueron clasificadas como ciudades pequeñas debido al total de su población y lo mixto de la población urbana-rural (INEGI, 2011a).

El crecimiento poblacional en el periodo de 1995-2005 implicó mayor demanda de agua potable para uso doméstico, debido al incremento en el número de viviendas y habitantes. Asimismo, la infraestructura para la red de agua tuvo que expandirse. Los costos de operación

también aumentaron y la administración de este servicio, que está a cargo de un comité de aguas, tuvo que enfrentar modificaciones.

Flujos de información y procesos de auto-organización en el área de estudio

Nos hemos referido a la interacción del sistema con su entorno como una característica de los sistemas complejos, sin embargo, aún no hemos aclarado cómo reconocer los límites del sistema y del entorno. Una de las distinciones más importantes, es que un sistema se complejiza en la medida en que interactúa con el entorno, en esta medida, el sistema marca límites y se auto-organiza. Podemos ejemplificar este enunciado a partir de una variable del entorno, la información-educación para la toma de decisiones. El nivel educativo de los miembros del comité afecta el manejo del servicio de dotación de agua potable, porque afecta la forma en cómo organizan la operación del servicio de agua y cómo priorizan la toma de decisiones. En los tres casos de estudio, los miembros de los comités de agua no son expertos en manejo de agua, por lo tanto, tienen que ir aprendiendo sobre organización, distribución, operación y manejo, mientras están al frente de la administración del servicio.

En un medio donde existe constante flujo de materia y energía hacia el sistema (abundancia hídrica), la entropía (caos) al interior del sistema puede surgir en lo que concierne a los flujos de información. El sistema social es un sistema cerrado respecto a este punto, ya que no puede recibir la información del entorno, la tiene que generar al interior. La información es indispensable para generar procesos auto-organizativos que den estabilidad al sistema, por ejemplo, eficacia y eficiencia en la distribución, con ello se evita que se genere estrés hídrico por causas antrópicas. A lo largo del artículo se expondrá la forma en que las comunidades de estudio diversifican sus acciones y activan recursos para actuar de forma resiliente ante el entorno.

Escasez en una zona abundante en Recursos Acuíferos

El estrés hídrico Rijsberman (2006) se define como la baja disponibilidad de agua causada por la escasez ambiental de recursos hídricos o por la demanda creciente total de agua potable por parte de la población consumidora, comparado con su baja disponibilidad física en un espacio geográfico (Rijsberman, 2006).

Problematizando acerca de la escasez, podemos hablar tanto de la escasez condicionada por las posibilidades de observación y reconocimiento de un proceso dado, como de aquella provocada por el uso intensivo de los recursos hídricos. Un problema en este sentido cobra relevancia, y se problematiza como tal, cuando existe una demanda incrementada, donde antes no la había; por esta razón es posible hablar de estrés hídrico en zonas abundantes en agua subterránea. En este sentido, nos referimos a la escasez como un fenómeno “doblemente construido socialmente, esto es, por observación del recurso y por su operación efectiva” (Urquiza-Gómez y Cadenas, 2015).

Por lo tanto, la percepción sobre vulnerabilidad hídrica responde a una construcción social: Primero, porque es identificada y comunicada socialmente y, en segundo lugar, porque cada grupo social enfrenta esta vulnerabilidad desde la posición que ocupa (en tanto clase social, género o etnicidad) y de ello depende el acceso a recursos y su capacidad para enfrentar riesgos o amenazas atribuidos al ambiente (Blaikie, *et al.*, 1994. En Gómez-Urquiza y Cadenas, 2015).

Indicadores de estrés hídrico

En el contexto de este artículo hemos decidido entender la relación del sistema social con el medio ecológico a partir del concepto de estrés hídrico. A continuación se presentan indicadores relacionados con éste.

El índice de estrés hídrico nos permite observar la relación que existe entre la demanda y los recursos ecológicos disponibles. El índice más aceptado ha sido diseñado por Falkenmark (1989), quien propone disponer de un umbral de 1,700 m³ de recursos hídricos renovables, per cápita, anual, como indicador a partir del cual ya se considera estrés sobre el agua. Este indicador toma en cuenta la cantidad de agua promedio requerida para cubrir las necesidades al interior de una casa, de la agricultura, industria, producción de energía y del ambiente. Cuando los países no pueden cubrir o mantener la provisión de dicha cantidad de agua, se dice que padecen estrés hídrico (Rijsberman, 2006).

Cabe mencionar que la cantidad mínima necesaria de agua en los ámbitos regionales, nacionales o locales, puede variar en función de las necesidades y formas de vida de la población que allí habita, por lo cual, la cifra sugerida por el Falkenmark (1989) podría también tener variaciones dependiendo de cada contexto. En este artículo no se descarta la validez de este índice, sólo se hace mención de una cantidad mínima necesaria propuesta para cubrir necesidades básicas, de producción alimentaria, transformación de materia prima y provisión de servicios, tanto al interior de las zonas urbanas, como en el ambiente. A pesar de que este indicador no se considera para evaluar el estrés hídrico en el sistema socioecológico del Valle de Toluca, sería interesante retomarlo en futuras investigaciones para conocer otros sistemas, así como regiones urbanas, con problemas de este tipo y, con ello, la forma en que los habitantes han enfrentado esta situación. Asimismo, sería importante conocer las alternativas implementadas por la sociedad para hacer frente y resolver tensiones por el estrés que causa tener cantidades limitadas de agua para consumo humano.

Basado en un estudio tanto en zonas húmedas como secas, en zonas rurales y urbanas, Gleick (1996) concluye que el requerimiento mínimo de agua potable por persona por día, debe ser en promedio de 5 litros por persona, por día (l/p/d); es decir, ligeramente menor a 2 m³ por persona, por año. Adicionalmente, para saneamiento y salud pública recomienda un mínimo básico de 20 l/p/d más una cantidad adicional para uso doméstico. En resumen, este autor recomienda que la cantidad mínima básica sea de 15 l/p/d para cubrir actividades y necesidades cotidianas tales como: requerimientos físicos básicos (hidratación, alimentación), requerimientos básicos para saneamiento, aseo personal, requerimientos básicos para preparación de alimentos, limpieza de casa, otros (Max-Neef, 1991; Gleick, 1996). El abastecimiento del agua es variable dependiendo de la región y uso de suelo. En el caso de demanda de agua en zonas abundantes de

este recurso, pasará un tiempo antes de que se problematice o se observe un problema de escasez. En todo caso, el sistema (social) tenderá a negar temporalmente la entropía para mantener cierto orden que permita su funcionamiento.

Un indicador más para medir el estrés hídrico, es el índice de estrés hídrico social. Con este concepto es posible entender la estrecha interacción que existe entre el sistema social y el entorno ecológico o acoplamiento estructural (Maturana y Varela, 1984), que permite que el sistema pueda seguir operando, aun en condiciones de estrés hídrico. En este sentido, Ohlsson (1998, 1999) sugiere que hay una capacidad de adaptación de la sociedad a las condiciones del entorno. Él considera que cada sociedad tiene la capacidad para adaptarse al nivel de estrés hídrico y solucionar posibles problemas a través de su capital económico, tecnológico u otros tipos de capital, tales como el social o cultural.

Principios de los Sistemas Resilientes: Conectividad, Diversidad y Retroalimentación.

En el marco de esta discusión nos interesa ilustrar tres características de los sistemas resilientes y, en función de éstas, evaluar la capacidad de adaptación frente a perturbaciones en las comunidades de estudio o, dicho de otro modo, la habilidad del Sistema Socioecológico del Valle de Toluca para ser resiliente a la escasez del agua. Las características que a continuación se ilustran son: Diversidad y redundancia, conectividad y retroalimentación.

En esta sección observaremos de qué forma las comunidades de estudio enfrentan los cambios en su estructura o se adaptan para mantener en funcionamiento la organización, es decir, cómo activan su capacidad de resiliencia frente a los problemas más frecuentes que generan entropía (desestabilización del sistema). Con base en la información empírica, se encontró que hay tres problemas principales que afectan el servicio de dotación de agua potable y que acentúan el estrés hídrico de las comunidades de estudio. Estos problemas serán analizados en el marco de los SSE y las variables mencionadas anteriormente: a) Disposición para pagar por el servicio de agua potable; b) la habilidad o solvencia económica para pagar por éste; y, c) la confianza que los usuarios tienen en la autoridad responsable para el suministro de agua.

Conectividad en el sistema socioecológico del Valle de Toluca

Pago por el servicio de agua potable

Si conectamos diferentes variables, es decir, la relación del sistema con el entorno, podemos explicar por qué, a pesar de que la zona de estudio posee acuíferos y agua para consumo doméstico, las poblaciones enfrentan problemas de insuficiencia de agua potable. Una de las variables identificadas que ha afectado de manera importante la provisión del servicio de agua potable para uso doméstico, es el pago por dicho servicio. Tanto los usuarios domésticos de agua como las autoridades encargadas de proveer y administrar el servicio del agua potable enfrentan continuamente problemas para pagar los costos generados al operar y mantener este servicio. Estos problemas tienen estrecha relación con la capacidad auto-organizativa del sistema, es decir, si las autoridades del agua no logran recuperar los costos de operación del servicio, se genera un

déficit y se afecta su relación con el entorno, por ejemplo, con una deuda económica ante instituciones tales como la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a quien deben pagar por la energía eléctrica consumida por operar la bomba, con la cual distribuyen el agua a las diferentes zonas de cada localidad.

El suministro y mantenimiento del servicio de agua potable genera gastos que no siempre se pueden recuperar a través del pago de los usuarios por el servicio de agua que reciben. Tal es el caso de las comunidades estudiadas por Nyarko, *et al.*, (2007) y Whittington, *et al.*, (2009), en Bolivia, Perú y Ghana, así como en el estudio aquí presentado. En este caso, ni los comités de agua, integrados por miembros de una comunidad, ni las instituciones oficiales de agua en el Estado de México, han podido recuperar en su totalidad los costos de operación y mantenimiento.

En este caso, podemos observar que la conectividad, colaboración y acción colectiva de la comunidad está reducida. Ya “los estudios sobre resiliencia han demostrado cómo la fragmentación social disminuye las posibilidades de reacción al sistema” (Gómez-Urquiza y Cadena, 2015). En relación con el pago por servicio, se observa que los comités de agua, instituciones oficiales y usuarios, actúan de manera aislada, fragmentaria. Una estrategia a favor de la resiliencia implicaría fortalecer la interacción y conectividad entre estos actores para generar una red más sólida de acción colectiva. Por otro lado, la teoría sobre resiliencia señala la importancia de la colaboración vertical (comunicación con un nivel mayor) y horizontal (comunicación entre la comunidad) que se tendrían que activar para actuar resilientemente.

Por otro lado, el dinero recolectado en Santiaguito y San Francisco únicamente cubre gastos de operación. Esto se debe a que no todas las casas pagan por el servicio que reciben, ya sea porque no todas las casas están censadas por el comité de aguas o porque, aún censadas, no todas están dispuestas a pagar por el servicio que reciben ya que la cantidad de agua que reciben no es suficiente para cubrir sus necesidades diarias. Por lo tanto, cada casa tiene que destinar un presupuesto mayor para comprar agua por diferentes medios: garrafones de 20 litros o agua en pipas; además de apoyarse de sus vecinos o familiares que no tienen problemas de suficiencia de agua para que les compartan agua cuando lo requieren.

Como se observa, el sistema ha generado sus propias modalidades de adaptación a partir de la organización autogestiva y la creación de redes solidarias, por lo tanto, se puede considerar como un sistema vivo y dinámico, una característica de los sistemas resilientes. También se observa que existe una relación de acoplamiento estructural con el entorno. En zonas abundantes de agua, como es el caso de este estudio, es común identificar usuarios que encuentran fuentes de agua a poca profundidad en sus propias viviendas, por esto es posible que se construyan lazos de solidaridad para enfrentar dicho problema. Rapaport (1977) vería en este tipo de estrategias una adaptación negativa del sistema, es decir, una disponibilidad para activar cambios estructurales que le permiten enfrentar el caos o la adversidad, pese a que no sea lo deseable, ya que el mismo sistema podría activar otras estrategias de adaptabilidad más favorables.

De acuerdo a Goldblatt (1999), una razón que dificulta recuperar el pago de los usuarios de agua es la cultura del no pago. Ante esta afirmación, un representante de AyST se pregunta:

Pero ¿por qué las personas no quieren pagar [por el servicio de agua potable]? No sólo en México, también en otros países. Y ¿por qué las personas normalmente pagan por otros servicios tales como el de electricidad? Pienso que esto es un aspecto psicológico de cuáles [servicios] sí pago o no pago (Representante de AyST, Junio 2009).

En las tres ciudades caso de estudio, la percepción acerca de la importancia de pagar o no pagar por el servicio de agua es personal y está basada en la experiencia de los usuarios en función de la calidad del servicio de agua que reciben. Cada representante de familia, quien es la persona que generalmente paga los servicios, tiene su propia opinión y toma sus decisiones acerca de los pagos que hace, incluso en San Mateo, donde el pago por el servicio es obligatorio. En esta sección se abordó principalmente el problema de las instituciones de agua al cobrar y recuperar los costos del servicio de agua, el cual está ligado al problema del pago por el agua. Estas características se observaron como perturbaciones en el marco de los SSE, destacando la variable diversidad y se ejemplificó la forma en la que es activada por la comunidad. En la siguiente sección se reflexionará acerca de la diversidad dentro de los SSE y su expresión en las comunidades de estudio.

Diversidad y redundancia en el Valle de Toluca

Como se ha expuesto, un sistema resiliente activaría una variedad de elementos institucionales, tecnológicos, productivos y ecológicos para aumentar sus posibilidades de reacción; a esta característica se le conoce como diversidad. A continuación veremos cómo se activa esta variable dentro del SSE estudiado.

Disposición para pagar por el servicio de agua

Estar dispuesto a pagar por el servicio de agua, varía de acuerdo a la percepción de la calidad del servicio que reciben los usuarios cada mes. También depende del número de días y horas que reciben el agua, al igual que el nivel de confianza que los usuarios tienen en la autoridad encargada del cobro por este servicio. Dos mujeres, usuarias domésticas de agua, de San Francisco y Santiaguito, opinan al respecto:

Yo estoy dispuesta a pagar \$50 pesos. Pienso que esta cantidad es justa porque hay suficientes personas en este lugar para pagar. Quizá esta cantidad es un poco caro, son 50 pesos, pero, estaría bien si el servicio fuera bueno (Usuario de agua de San Francisco, entrevista a profundidad, Julio 2010).

Yo pago por el servicio porque sé que requiere mantenimiento. Pienso que la cantidad que pago es apropiada. Se sabe que no todos los que deberían pagar lo hacen, y hay quienes no han pagado en años. Yo sólo estaría dispuesta a pagar un poquito más si yo supiera que siempre voy a recibir

un buen servicio (usuario de agua en Santiaguito, grupo de enfoque, Mayo 2009).

Tomando en cuenta la opinión de los usuarios domésticos y las categorías de análisis propuestas por Nyarko, *et al.*, (2007), se encontró que en las ciudades estudiadas se presentan tres de las cuatro categorías por las que los jefes de familia están dispuestos a pagar cuando se refiere al servicio de agua potable. Estas categorías son descritas en orden de importancia aquí abajo.

Al respecto, observamos que no todo el sistema responde al mismo principio de colaboración, más bien, identificamos elementos aislados y sin conectividad con el sistema. Esta tendencia a la fragmentación la observamos en la multiplicidad de categorías que derivan de la disposición a pagar por el servicio de dotación de agua potable.

La primera, hace referencia a aquellos que están dispuestos a mantener la tarifa existente. La mayor parte de usuarios domésticos entrevistados en los tres casos de estudio están dispuestos a pagar sólo si la tarifa de agua se mantiene con el mismo precio. Basado en estadísticas municipales de Toluca y Almoloya de Juárez, 60% de los jefes de familia, aproximadamente, pagan por el servicio de agua que reciben. De las tres ciudades estudiadas, en San Mateo la mayor parte de usuarios domésticos de agua realizan su pago a AyST en tiempo, después sigue Santiaguito y, al final, San Francisco. En esta categoría se encuentran aquellos usuarios auto-empleados y aquellos que reciben un salario variable por mes. La mayor parte de estos usuarios pagan porque consideran que pagar asegura el servicio de agua potable en su casa y en el caso de Santiaguito y San Francisco porque es una manera de mantener la autonomía de los comités de agua y la población para auto-administrar sus recursos hídricos.

La segunda categoría de usuarios incluye a aquellos que están dispuestos a pagar más de la tarifa existente, pero no al grado de cubrir el gasto total generado por la dotación del servicio de agua potable, el cual incluye gastos de operación y mantenimiento, instalación de infraestructura y reparaciones importantes. Santiaguito fue la ciudad en la cual aproximadamente 10% de los jefes de familia dicen estar dispuestos a pagar más por el servicio de agua potable. Jefes de familia pagarían un extra de \$20 pesos por mes, si primero ven mejorías en el servicio de agua potable y éste les es provisto en los horarios previamente acordados con el comité de aguas.

La tercera categoría encuentra que un 5% de usuarios de agua, aproximadamente, en San Francisco y San Mateo, están dispuestos a pagar si el comité de aguas o AyST reducen la tarifa mensual de agua. Generalmente, los usuarios que buscan reducción en el precio del servicio de agua, son deudores, quienes sí pagarían si el servicio mejorara; sin embargo, no pagarían la tarifa actual, pero sí una reducida o si tuvieran un descuento en la deuda que han acumulado. En el caso de los usuarios de San Francisco, el argumento es que no les parece justo pagar por un servicio de agua que no es recibido cuando lo necesitan y en los tiempos acordados con el comité de agua, porque cuando no reciben agua potable también deben comprar agua embotellada para beber o pipas de agua. En San Mateo, aquellos que piden un descuento en el pago del servicio de agua son, generalmente, propietarios de algún negocio familiar que tienen dicho negocio dentro de su casa y por ello tienen recibos de agua con niveles altos de consumo.

En los tres casos de estudio, los gastos mensuales frecuentes en agua se deben a la compra de agua embotellada, o de pipas de agua con capacidad de 10,000 litros, o del pago mensual del servicio de agua. Hay otros usuarios, quienes deciden invertir en la construcción de cisternas para almacenar agua y utilizarla cuando no reciben el servicio por parte del comité correspondiente. No obstante, aquellos que no reciben el servicio a tiempo tampoco tienen una reducción en el pago mensual, dando pauta a que los usuarios decidan permanecer como deudores a través de los años; tal como lo que sucede en San Francisco donde, tanto deudores como los usuarios que van al corriente con sus pagos, se consideran elegibles para tener un descuento en sus pagos mensuales o anuales. Los habitantes de San Francisco argumentan que si los deudores obtienen descuentos para pagar, los que van al corriente deberían también tenerlo como incentivo, ya que ellos pagan regularmente, de lo contrario, los usuarios que pagan regularmente mencionan que el hecho de no tener descuentos, provoca que no quieran pagar más adelante durante un año o más, con tal de volverse elegibles para tener un descuento en sus recibos.

La única categoría no encontrada en los tres casos de estudio es aquella en la que los usuarios estén dispuestos a pagar por el costo total del servicio de dotación de agua potable. Los usuarios no están dispuestos a pagar por ello porque asumen que la infraestructura ya está instalada por lo tanto, ellos ya no deben pagar por ésta. Sin embargo, estarían dispuestos a cooperar si se necesitaran reparaciones profundas y costosas.

En el trabajo de campo se encontró una categoría no incluida en el estudio de Nyarko, *et al.*, (2007). Hay casas donde reciben el servicio de agua aun sin estar registrados en la lista de usuarios que elabora el comité de aguas. De acuerdo a la información proporcionada por dichos comités, aproximadamente un 20% de habitantes en Santiaguito y San Francisco, son usuarios sin autorización para recibir el servicio de agua potable porque no han pagado, pero sí tienen agua potable.

Igualmente, la información obtenida de campo indica que la disposición de los usuarios para pagar por un servicio envuelve el deseo de cooperar sólo si las instituciones sociales o consuetudinarias mejoran el servicio, o si pudieran garantizar que los pagos serán invertidos para mejorar el servicio. No obstante, tener la disposición para pagar no garantiza que los usuarios efectivamente lo hagan, ya que no todos ellos tienen la solvencia económica. La disposición para pagar fue encontrada como un deseo condicionado para pagar sólo si los miembros de una de las ciudades estudiadas identifican, primero, mejorías en el servicio de dotación de agua potable.

Como se ha dicho, el principio de auto-organización es importante en un sistema resiliente ya que vehicula cambios estructurales en éste, sin modificar su identidad original. En las comunidades de estudio se observa que, si bien los comités de agua forman parte de la estructura auto-organizacional del sistema, su apropiación no ha sido lo suficientemente importante como para detonar estados más deseables en torno a la distribución del agua y el combate a las amenazas por estrés hídrico. Por otro lado, un sistema resiliente con capacidad adaptativa, genera una red de conexiones con permanencia en el tiempo, la cual permite crear nuevas interacciones y, con ello, potenciar las posibilidades de acceso a mayor diversidad de recursos. Por

el contrario, en el caso de estudio se observa una marcada falta de conectividad horizontal entre los miembros de la comunidad.

Capacidad de adaptación de la ciudadanía para hacer frente a la falta de suministro de agua

Tanto los sistemas resilientes como los no resilientes pueden ser igualmente vulnerables a las amenazas externas, dependiendo de su magnitud. La diferencia consistiría en la capacidad de los sistemas resilientes para gestionar futuras amenazas, en función del registro histórico o memoria que se guarde al respecto de éstas.

Para hacer frente a problemas de insuficiencia de agua, los habitantes de San Francisco, San Mateo y Santiaguito han tenido que diversificar sus estrategias para abastecerse de agua potable. Una de ellas es la construcción de cisternas para coleccionar y almacenar el agua que puede ser utilizada en momentos de estrés hídrico. El almacenar agua, asegura a los habitantes tener acceso a ella, dentro de su propiedad, cuando hay fallas en la red del servicio de agua potable. La mayoría de las casas en las tres ciudades estudiadas tienen tanques de agua: tinacos o piletas para almacenarla y tenerla disponible con suficiente presión cuando les sea necesario.

Para Bourguett Ortíz (2007), la presencia de cisternas, tinacos y tanques de agua, como estrategia de adaptabilidad, es decir, variabilidad, es también un reflejo de la baja calidad del servicio de agua potable. No obstante, para los usuarios domésticos es una forma de adaptarse y prever el almacenamiento de agua para cuando lo requieren. De acuerdo a la información obtenida en campo, el almacenar agua potable no necesariamente ayuda a los usuarios a disminuir los costos o ahorrar dinero por tener agua potable, pero sí ayuda a no padecer por insuficiencia de agua. Otro hecho es que en las tres ciudades estudiadas no todos los jefes de familia pueden cubrir el costo de instalación o construcción de un tanque o una cisterna. La siguiente sección caracteriza la habilidad o solvencia económica para pagar por el agua.

Habilidad económica para pagar por el servicio

Cuando los jefes de familia no pueden pagar por el servicio que reciben porque sus ingresos no son suficientes se dice que no tienen la habilidad para pagar. En San Francisco y Santiaguito se encontró que hay habitantes que frecuentemente tienen dificultades económicas para pagar el servicio de agua. Se identificó que el nivel educativo de la población está relacionado con la solvencia que los habitantes pueden tener para pagar por los servicios que consumen. En este sentido, un nivel educativo bajo se asocia con la posibilidad de recibir un salario intermitente, lo cual es reflejado en el pago o no-pago por los servicios públicos, especialmente el del agua potable. Este patrón se repitió en los tres casos de estudio. En este sentido, y dadas las acciones de los habitantes de cada ciudad, se hace notorio que cada población busca formas y maniobras que les permiten hacer frente a los problemas de estrés hídrico, sea éste causado o no, por adversidades físicas, especialmente sociales.

Cada uno de los sistemas aquí analizados muestra la capacidad del Sistema Socioecológico del Valle de Toluca para resolver de manera resiliente las dificultades o perturbaciones que surgen dentro de éste. Las habilidades de una ciudad para enfrentar con éxito situaciones de estrés hídrico, generalmente, han sido discutidas y puestas en marcha bajo consenso grupal; sin

embargo, las decisiones individuales permiten a los habitantes de cada casa hacer frente a situaciones complejas para resolver la dotación inmediata y tener un uso prolongado de las cantidades de agua de que disponen.

En general, los usuarios con baja solvencia económica tienden a convertirse en deudores y, en ocasiones, son clasificados como usuarios no autorizados, por lo tanto algunos de ellos tienen que recurrir a la compra de pipas de agua. Este hecho genera un círculo negativo: entre mayor es la compra de agua a través de pipas, menor es la solvencia de los habitantes para pagar por el servicio de agua potable, por lo tanto, menor el pago que recibe el comité de agua potable.

De esta manera, los problemas de pago antes mencionados que afectan tanto el manejo y distribución del servicio de agua potable, como el mantenimiento y reparaciones de la infraestructura de agua, tendrían que ser resueltos como un asunto del sistema y no de sus elementos aislados. Una innovación en este sentido, caracterizada por incentivos para pagar por el servicio de agua, y haciéndolo económicamente viable para los usuarios domésticos, es importante. Por otro lado, si estos incentivos son gestionados de manera horizontal y vertical entre la comunidad e instancias que se encuentran en un nivel superior de la red, se incrementaría la confianza hacia la autoridad. Este tema será discutido en el siguiente apartado.

Retroalimentación

Problemas de pago por el servicio de agua potable

El pago por el servicio de agua potable depende de tres factores. Ya se han discutido dos de ellos: a) la disposición de los usuarios y b) la habilidad económica para pagar por el servicio que reciben. En el siguiente apartado se expondrá lo relacionado con la confianza que los miembros de una comunidad tienen en el comité de aguas o la institución responsable de administrar y suministrar este servicio, y de los pagos que los usuarios aportan por el agua que reciben. A continuación se presenta la tarifa aceptada en cada comunidad de estudio para cubrir los gastos relacionados con el servicio de agua potable.

Comunidad Servicio de agua potable	San Mateo	Santiaguito	San Francisco
Tarifa de agua por mes	\$70 MXN	\$50 MXN	\$50 MXN
Número de días de servicio de agua por semana	7; y 3 en áreas específicas	3	1

Tabla 1. Tarifa para el cobro del servicio de agua potable Fuente:
Elaboración propia con datos obtenidos en entrevistas, 2010.

Estas tarifas han sido aceptadas en función del total de población en cada ciudad y los gastos totales generados por mes, por la operación y mantenimiento del servicio de dotación de agua

potable. No obstante, los comités de agua de las tres ciudades estudiadas, continuamente no han podido recuperar el total de los costos de operación por mes. Entendemos que un hecho que se repite sistemáticamente implica un aprendizaje a partir del cual se pueden “formular perspectivas para incorporar nuevos conocimientos y recordarlos a través del tiempo” (Nikvist, 2012. En Gómez-Urquiza, 2015). El conocimiento de los sistemas adaptativos y resilientes respecto a la memoria del sistema, puede dar pauta a la incorporación de conocimiento tanto formal (científico) como de sentido comunitario para el autoaprendizaje. En el caso de la recolección de recursos, se puede pensar en llevar a cabo estrategias distintas a las pensadas con anterioridad. Al integrar el concepto de variabilidad, el sistema genera flexibilidad, así como un ambiente propicio para la innovación.

Recuperar los costos de operación del servicio de agua no es fácil; una visión vertical sobre el problema permitiría observar que una parte importante del problema depende de los usuarios; no todos los usuarios están dispuestos a pagar por la calidad del servicio que reciben y además otros, aunque estuvieran dispuestos, no tienen la solvencia económica para pagar por ello. En este sentido, la disposición para pagar por un servicio y la habilidad económica o solvencia económica para pagar afecta no sólo el servicio de agua potable sino también las posibles mejoras a éste.

Las decisiones tomadas por los miembros de las comunidades son tomadas en función de los gastos derivados de sus necesidades básicas y su solvencia económica. El gasto que cubren primero es el de alimentación y posteriormente el pago de servicios. En el área de estudio Santiaguito, San Mateo y San Francisco, los ingresos de los jefes de familia son variables y con dificultad les permiten tener ahorros para cubrir gastos inesperados; por ejemplo, el de tener frecuentes cortes de agua. El estrés hídrico que se padece en la mayor parte de las casas puede ser enfrentado con la compra de agua, ya sea a través de la compra de garrafones de agua de 20 litros, la cual es utilizada para beber, o de pipas de agua de 10,000 litros, la cual es utilizada para actividades domésticas. Por ello, es posible que la mayor parte de jefes de familia esté dispuesto a pagar por el servicio de agua provisto por el comité de aguas; sin embargo, estar dispuesto no necesariamente significa tener la solvencia económica para poder hacerlo.

Algunos individuos están dispuestos y pueden absorber los costos de operación que les corresponde pagar; sin embargo, otros están dispuestos pero no pueden pagar por ello porque no tienen los recursos económicos suficientes. En este caso observamos como los grupos socialmente vulnerables, son los que tienden a ser más vulnerables a las amenazas o perturbaciones del sistema y, en el caso del estrés hídrico, esta vulnerabilidad se potencia. De acuerdo con la literatura sobre resiliencia, la vulnerabilidad genera falta de conectividad, expuesta en el primer apartado. La falta de conectividad impide el acceso a mayor diversidad de recursos, tanto ecológicos como sociales (Von Foerster, 2003).

En la opinión de las mujeres:

Nosotras [jefas de familia en zonas rurales y peri-urbanas] estamos en constante preocupación por cómo obtener dinero para pagar por el servicio de agua. La mayor parte de veces el salario de nuestro esposo lo gastamos en las necesidades básicas como comida, transporte, la escuela de los niños. Pero, el salario no siempre es suficiente para pagar todos los servicios...entonces nosotras tenemos que decidir qué pagar primero (grupo de discusión con mujeres, Julio 2009).

Confianza en los miembros del comité de aguas

La confianza que los usuarios de agua tienen en los miembros del comité de aguas depende de la prontitud y consistencia en la cual reciben el servicio de agua potable; así como de la forma en la que éste administra los recursos económicos que ingresan por concepto del pago por parte de los usuarios. En este sentido, si la provisión de agua potable es inconsistente y los usuarios no conocen cómo son administrados los pagos que hacen por el servicio que reciben, la confianza en la autoridad se ve afectada y con ello se genera un ciclo de no-pago, no servicio, no confianza, afectando a su vez la gobernabilidad y el manejo del servicio mencionado.

De los tres casos de estudio, San Francisco es el caso más preocupante porque los usuarios confían poco en los miembros que han ido integrando el comité de aguas, debido a su falta de compromiso con sus obligaciones como miembros del comité. En especial, hay menor confianza en el tesorero y el bombero. Como indica la Tabla 2, los usuarios en San Francisco reciben agua, en promedio, un día a la semana. Sin embargo, este no es el único problema, también existe incertidumbre acerca de cómo es administrado su pago.

Los problemas que enfrenta San Francisco están relacionados con las habilidades de manejo de los miembros del comité y su honestidad. Los usuarios domésticos piensan que la falta de honestidad por parte del tesorero hace que los habitantes duden de todos los miembros del comité. Los usuarios demandan transparencia por parte de la autoridad en temas relacionados a presupuestos, ingresos, gastos, dinero sobrante, etcétera, y solicitan el apropiado uso de los recursos económicos para los fines que se ha especificado. Asimismo, buscan estar informados de las decisiones tomadas por el comité.

Frecuentemente, los tesoreros de los comités de agua dejan su puesto, pero se van después de haber tomado el dinero que han pagado los usuarios del agua. Esto causa que los habitantes no

confíen en la autoridad por la falta de transparencia. Aunado a ello, los miembros del comité de aguas no rinden cuentas de cómo se ha usado el pago de los usuarios, a quiénes deben pagar, y las cantidades que se pagan. Tampoco les informan sobre el total de ingresos. Todo ello lleva a los usuarios domésticos a desconfiar del comité de aguas en turno, así como del personal que cambia en cada administración.

Las prácticas deshonestas, principalmente causadas por dinero y poder, provoca que los usuarios del servicio de agua potable no tengan confianza en su autoridad y no estén dispuestos a pagar lo que les corresponde, porque consideran que el dinero que pagan por el servicio que reciben no se aprovecha para cubrir los gastos o mejoras del servicio de agua potable, debido a que es desviado del fin último y, en repetidas ocasiones, es utilizado por algunos miembros del comité para fines personales. En San Francisco, los tesoreros frecuentemente utilizan el dinero de la mayoría para uso personal. En San Mateo, los habitantes mencionan que AyST no necesariamente reporta con transparencia, a la población usuaria de agua, las cantidades colectadas y gastadas, ni cómo su dinero se reinvierte en infraestructura. Yuling y Lein (2010) también reporta este tipo de comportamientos. Un informante clave reporta lo siguiente:

El problema que tenemos como miembros de la comunidad, con la mayoría de los comités de agua, es que utilizan nuestro dinero para fines personales, tales como arreglar su casa. Lo peor es que muchos habitantes quisieran llegar a ser parte del comité porque saben dónde habrá dinero. Las personas saben que el servicio de agua genera recursos económicos porque continuamente se recibe dinero. Sin embargo, nunca vemos mejoras porque sucede lo mismo con cada comité de aguas (Informante clave, entrevista a profundidad, Julio 2009).

A pesar de las preocupaciones y a pesar de identificar cuál es el problema, las prácticas deshonestas, tales como robar el dinero que se ha pagado por el servicio de agua potable, son social y políticamente perdonadas. Desafortunadamente, en las ciudades estudiadas, actualmente no hay forma de prevenir o castigar esta práctica, incluso cuando los habitantes no están de acuerdo con este tipo de comportamientos.

En esta investigación se ha identificado que la confianza de los habitantes en su comité de aguas es necesaria para facilitar la recolección de los pagos por el servicio de agua potable, para continuar operando dicho servicio. La siguiente sección caracteriza la capacidad de adaptación de la población para hacer frente a los problemas derivados de la insuficiencia de agua potable causada por la falta de pagos y los problemas propios de la infraestructura.

Conclusiones

En este artículo se buscó analizar el problema de estrés hídrico que se padece en tres ciudades peri-urbanas del Estado de México. Asimismo, se analizó la capacidad de adaptación de la población para enfrentar las dificultades derivadas de la insuficiencia en el servicio de agua potable y comprender las decisiones tomadas por los grupos horizontales responsables de la provisión del servicio de agua potable. Lo anterior se observó a partir del enfoque de sistemas adaptativos complejos y resilientes.

Con base en el análisis, se identificó que el estrés hídrico no necesariamente es causado por la baja disponibilidad de recursos hídricos, sino por la organización de las autoridades responsables para administrar y proveer el servicio de agua potable. Por este motivo, pueden existir diferencias regionales, nacionales o locales en torno a las cantidades que pueden ser consideradas ‘en situación de alerta’ para percibir un estado de vulnerabilidad a padecer estrés hídrico. En el caso del Sistema Socioecológico del Valle de Toluca, se encontró que la situación de estrés hídrico es causada por las fallas administrativas que tienen las autoridades responsables de proveer el servicio de agua potable en las ciudades analizadas y no por una ausencia de disponibilidad física del agua en dicha región.

Para tener éxito, las poblaciones organizadas por costumbre, requieren del apoyo de los miembros de su pequeña ciudad o de su comunidad; el comité de agua necesita ser apoyado, reconocido y legitimado por ambos, los usuarios de agua de la comunidad y las autoridades municipales correspondientes, todo ello para mantener los derechos de propiedad que les permitirán operar el servicio de dotación de agua potable dentro de su comunidad, si así lo desean.

En cuanto al pago por el servicio de agua potable, la mayor parte de usuarios está de acuerdo en pagarlo. Sin embargo, es importante mantener las tarifas de agua a un precio accesible de acuerdo al nivel socio-económico de la población, para apoyarles con el manejo de los gastos necesarios derivados del estilo de vida que tengan. Para mantener las tarifas de agua a un precio accesible, los usuarios también deben comprometerse a pagar los recibos de agua de manera continua. Asimismo, se requiere mantenimiento frecuente a la infraestructura para prevenir gastos excesivos y reparaciones profundas por descuidar el mantenimiento.

Finalmente, este estudio encontró que los usuarios domésticos de agua, especialmente aquellos de las zonas rurales y peri-urbanas, invierten más recursos económicos para obtener agua potable que aquellos usuarios de las zonas urbanas. Las razones por las cuales los usuarios de zonas rurales y peri-urbanas pagan más, se debe a que, además del pago regular por el servicio de agua, también compran agua embotellada y/o pipas de agua a vendedores privados locales. Por esos gastos que también se generan, ellos no están dispuestos a pagar dinero extra si el servicio de agua potable no mejora primero, y es entendible.

Referencias

- Ashby, W. R. (1957). *An Introduction to Cybernetics*. Chapman and Hall Ltd. Londres.
- Bourguett Ortíz, Víctor, Mariano Romero, C., García Villanueva, N. y Alcocer Yamanaka, V. (2007). “Indicadores de gestión para la evaluación del desempeño de prestadores de servicio a través de un ente regulador” En Martínez Austria, P. F.; Bourguett Ortíz, Víctor; Donath de la Peña, E. E.; y Cruz Gutiérrez, F. V., (eds.), *Gestión y Regulación de los servicios de agua potable y saneamiento. La experiencia mexicana e internacional*, IMTA, México, pp. 210.
- Buckley W. (1968). “Society as a complex adaptive system”. En Buckley, Walter (ed.). *Modern Systems Research for the Behavioral Scientist*. Aldine Publishing Company, Chicago, 490-513.
- Christine, G. Ibert, O., Kilper, H. y T. Moss (2012). “Vulnerability and Resilience from a Socio-Spatial Perspective. Towards a Theoretical Framework”. Working Paper, Núm. 45, Leibniz Institute for Regional Development and Structural Planning. Erkner, Germany.
- Contreras Domínguez, W.; Serrano B., R.; Madrigal Uribe, D.; Carpinteyro I., E.; y Rodríguez P., M. (1989). *Situación actual y perspectivas de los recursos forestales, suelo y agua de la región valle de Toluca*, Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM, Toluca, México.
- Cumming, Graeme S, Barnes, Grenville, Perz, Stephen, Schmink, Marianne, Sieving, Kathy E., Southworth, Jane, Binford, Michael, Holt, Robert D., Stickler, C., y Tracy Van Holt. (2005). “An Exploratory Framework for the Empirical Measurement of Resilience”. *Ecosystems*, vol. 8, núm. °8, pp. 975–987.
- Falkenmark, M.; Lundquist, J., Widstrand, C. (1989). “Macro-scale water scarcity require micro-scale approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development”, *Natural Resources Forum*, núm. 13, pp. 258-267.
- Gallopin G. C. (2006). “Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity”. *Global Environmental Change*, vol. 16, núm. 3, pp. 293–303.
- Gleick, Peter H. (1996). “Basic water requirements for human activities: meeting basic needs”, *Water international*, núm. 21, pp. 83-92.
- Holling, C. S. (2002). “Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems”. *Ecosystems*, vol. 4, núm. 5, pp. 390–405.
- Homer-Dixon, T. F. (1999), *Environment, Scarcity, and Violence*, Princeton University Press, Nueva Jersey.
- IMTA, (2002). “Revisión y adecuación del modelo dinámico de la Cuenca Lerma-Chapala y aplicación de diversas políticas de operación y manejo integrado del agua”, Informe final, Proyecto TH-0240, Diciembre de 2002, Documento no publicado, Jiutepec, IMTA, México.
- INEGI, (1996). *Conteo de población y vivienda 1995. Resultados definitivos. Tabulados Básicos, Tomo II*, INEGI, Estado de México.

---, (2010). “Total de viviendas habitadas”, Censo nacional de población y vivienda, 2005, http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/default.aspx?c=10395&s=est [en línea], Disponible [Consultado el 22 de febrero de 2010].

---, “Censos y conteos de población y vivienda”, (2011). Censo de población y vivienda 2010, http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est; http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/entidad_indicador.aspx?ev=5 [En línea], disponible [consultado el 13 diciembre de 2012].

---, (2011). Censos y conteos de población y vivienda. Series históricas. Consulta interactivas de datos, 2011a, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17159&c=17547&s=est#> [online], disponible [Consultado el 17 de Marzo].

Johnston, B. R. (2003). “The Political Ecology of Water: an Introduction”, *Capitalism Nature Socialism*, núm. 14, vol. 3, pp. 73-90.

Lewis, M. W. (1998). “Iterative triangulation: a theory development process using existing case studies”, *Journal of Operations Management*, núm. 16, vol. 4, pp. 455-469.

Luhmann, N. (2013). “La economía de la sociedad como sistema autopoético”. *Revista Mad.* vol. 29, pp. 1-25.

Max-Neef, M. A. (1991). *Human scale development. Conception, application and further reflections*, The Apex Press, Nueva York, EUA.

Maturana H. y F. Varela, (1984). *El árbol del conocimiento*, Universitaria. Santiago de Chile.

Mehta, L. (2003), “Contexts and constructions of water scarcity”, *Economic and political weekly*, núm. 38, vol. 48, pp. 5 066-5 072.

Nyarko, K. B., Oduro-Kwarteng, S. y Adama, I. (2007). “Cost recovery of community-managed piped water systems in Ashanti region, Ghana”, *Water and environmental journal*, núm. 21, pp. 92-99.

Ohlsson, L. (1998), “Water and social resource scarcity”, Issue Paper, FAO, Roma, Italia.

---, (1999). *Environment, scarcity and conflict: A study of Malthusian concerns*, Goteborg, Sweden, Department of Peace and Development Research, University of Goteborg.

Pahl-Wostl, C. (2009). “A conceptual framework for analysing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes”, *Global Environmental Change*, núm. 19, vol. 3, pp. 354-365.

Pawluch, D. (2005). “Qualitative Analysis, Sociology”. En Kimberly, K. L. ed. *Encyclopedia of Social Measurement*, Elsevier, Nueva York, pp. 231-236, Disponible en línea: [doi: 10.1016/B0-12-369398-5/00142-0]

Rijsberman, F. R. (2006), “Water scarcity: fact or fiction?” *Agricultural Water Management*, núm. 80, pp. 5-22.

SARH, (1983), Diagnóstico general de distritos. Anexo Cartográfico, Mapa Número 7 y 8, SARH, México, D.F.

Salas Zapata, W. L. Ríos Osorio y J. Álvarez del Castillo, (2012). “Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos”, *Ecología Austral*, Vol. 22, Núm. 1, Córdoba.

Urquiza Gómez, Anahí y Hugo Cadenas, (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica, En *L'Ordinaire des Amériques* [en línea], 218, puesto en línea el 05 julio de 2015, consultado el 07 marzo de 2016. Disponible en: <http://orda.revues.org/1774>

Von Bertalanffy, L. (1976). Teoría general de los sistemas. Fondo de Cultura Económica. México D.F.

Von Foerster, H. (2003). *Understanding Understanding. Essays on Cybernetics and Cognition*. Springer-Verlag New York, Inc. Nueva York.

Wester, P. (2008). *Shedding the waters: Institutional change and water control in the Lerma-Chapala Basin*, Documento no publicado, IMTA, Jiutepec, Mexico,

Whittington, D.; Davis, J.; Prokopy, L.; Komives, K.; Thorsten, R.; Lukacs, H.; Bakalian, A.; y Wakeman, W. (2009). “How well is the demand-driven, community management model for rural water supply systems doing? Evidence from Bolivia, Peru and Ghana”, *Water Policy*, núm. 11, pp. 696-718.

Yuling, S. y Lein, H. (2010), “Treating water as an economic good: policies and practices in irrigation agriculture in Xinjiang, China”, *The geographical journal*, núm. 176, vol. 2, pp. 124-137.

V. Resiliencia de Sistemas Socioecológicos emblemáticos

11. Fuego e Inundaciones, Paisajes Culturales en las Llanuras Amazónicas

Sazcha Marcelo Olivera Villarroel

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

María del Pilar Fuerte-Celis

Investigadora Cátedras CONACyT

Centro de Investigación en Geografía y Geomática

“Ing. Jorge L. Tamayo”, A. C

Introducción

Fuego y agua - incendios e inundaciones, si bien son fenómenos contrapuestos en la naturaleza, conforman los disturbios o perturbaciones más comunes que modifican la dinámica de los ecosistemas. El término “perturbación” o “disturbio” puede definirse como un evento más o menos discreto en el tiempo y en el espacio, que altera la estructura de las poblaciones, de las comunidades o del ecosistema, produciendo cambios en la disponibilidad de recursos o en el ambiente físico (Pickett, *et al.*, 1999).

La ocurrencia de estos fenómenos, suelen estar ligados a orígenes de orden natural condicionados en gran medida por factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad del suelo y velocidad del viento y a alteración de origen antrópico, que van desde descuidos a incendios provocados para fines de producción agrícola y pecuaria.

En las sabanas y las fronteras agrícolas, el manejo de incendios está supeditado a la modificación del medio para permitir la ampliación de los terrenos de cultivo o la prevalencia de un tipo particular de flora y fauna. Este es el caso de las grandes llanuras del Beni, dentro de la cuenca del Amazonas en Bolivia, donde una de las principales causas de los incendios es la regeneración de pastizales y el control de especies arbustivas (Baudoin, *et al.*, 2012).

Los incendios afectan la composición de especies, el balance de energía y agua de un ecosistema. Los principales factores que favorecen el inicio de un incendio están asociados al origen de los incendios (naturales o antrópicas), mientras que la combustión, propagación y duración de los incendios son influenciadas principalmente por factores ambientales (e.g. condiciones meteorológicas y topográficas, características del material combustible), así como por ciertos factores antrópicos como la accesibilidad y presencia de vías que actúen como barreras ‘cortafuego’ que modifican la propagación de los incendios (Di Bella, 2008).

En las grandes llanuras las condiciones topográficas y la abundancia de biomasa disponible, favorecen la ocurrencia de incendios, como parte de los procesos de sucesión de especies y las dinámicas de estructuración de poblaciones en estos ecosistemas.

Las inundaciones por su parte, son uno de los fenómenos más dramáticos que afectan tanto a la población humana como a los recursos naturales. Generalmente, se las asocia a eventos meteorológicos extremos, aunque muchas veces es la acción humana, con el mal manejo de las cuencas hídricas, la que provoca la ocurrencia y aumenta la duración o la intensidad de las inundaciones (Di Bella, 2008).

Estos dos fenómenos condicionan en gran medida la riqueza y complejidad de los ecosistemas de sabanas en la región del Beni, los incendios de origen antrópico que propician la preparación de tierras agrícolas, los cuales pueden abarcar grandes extensiones y salirse de control, perturbando las condiciones locales del paisaje, destruyendo hábitats completos y disminuyendo la biodiversidad local (Markos, 2012). Y en términos espaciales, generan un gran paisaje de sabanas que no puede ser entendido sin la interacción de las condiciones geográficas y el manejo antrópico del medio.

Entender los fenómenos fuego e inundaciones, nos permite entender la relación entre los habitantes de esta región construida por las relaciones culturales, el manejo de recursos naturales y los retos a los que se enfrenta. Siendo los retos más importantes la variabilidad climática, los incrementos en los flujos de migraciones de grupo humanos ajenos a las relaciones culturales que tienen los habitantes locales con los paisajes que prevalecen en esta región.

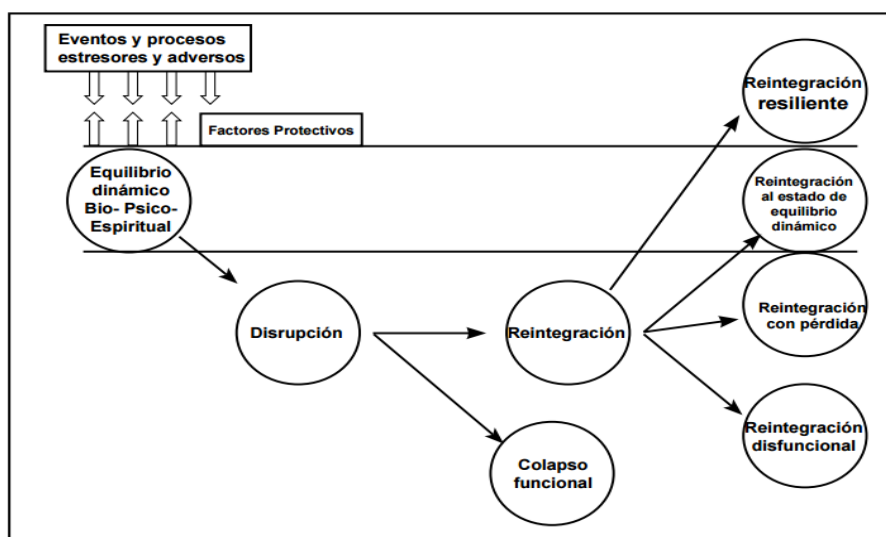
El trabajo pretende abordar esta relación entre ambiente y comportamiento humano y darle una visión desde la conceptualización de resiliencia y su relación con la diversidad, conectividad y retroalimentación del ambiente, así como su relación con la construcción y entendimiento de fenómenos de larga duración o variables lentas.

Resiliencia y paisajes culturales, entre diversidad y conectividad

La estabilidad de un sistema depende de diferentes características, complementarias entre sí, que permiten al sistema volver a un estado de equilibrio después de una perturbación. En el caso de sistemas humanos y naturales, Walker *et al.*, (2004), definen las características necesarias entre sí para la estabilidad del sistema como: la resiliencia, la adaptabilidad y la capacidad de transformación. Donde entendemos a la adaptabilidad como la capacidad de modificar un sistema de manera que mejore su capacidad de resiliencia, y a la capacidad de transformación como la facultad de realizar un cambio radical cuando el sistema existente ya no es viable.

En este sentido, el término «resiliencia» puede ser definido como la capacidad de los sistemas de responder a las fuerzas externas y de resistir ante esas fuerzas externas (Hollings, 1973). La resiliencia es una medida de la magnitud de los disturbios que puede absorber un sistema para pasar de un equilibrio a otro (Common y Stagl, 2008); no debiendo confundirse los conceptos estabilidad y resiliencia; por lo que un sistema puede ser resiliente y aun así fluctuar mucho al carecer de otras características que lo hagan estable.

En su acepción positiva, la resiliencia representa para los sistemas humanos la capacidad de mantener seguridad y acceso a las necesidades básicas, no obstante las disrupciones del medio que tenía una estabilidad previa como sistema (Orr, 1992; Alinovi, *et al.*, 2010). Diferentes autores como Orr (1992) y Adger (2000), plantean la pregunta si la resiliencia social y ecológica están relacionadas entre sí, encontrando evidencias concluyentes de que los ecosistemas resilientes son de suma importancia para aquellos grupos sociales que dependen directamente de los recursos naturales para sus necesidades básicas (Royal Society, 2008).



Esquema 1. El Modelo de Resiliencia. ⁷

Un ejemplo citado por Markos (2012), permite evaluar la resiliencia de ecosistemas usando indicadores sobre las características principales de estos sistemas a nivel regional: conectividad, diversidad y biomasa. Estos tres indicadores permiten evaluar la vulnerabilidad de un ecosistema a shocks (incendios, sequías, inundaciones, vientos, plagas y enfermedades, etc.).

El ejemplo citado muestra la sucesión de hechos ante incendios de una superficie de bosque o sabana, la cual, al recuperarse de un incendio, podría ser colonizada por un gran número de especies de rápido crecimiento y pequeña biomasa. Si se observa el esquema 1, estos procesos pueden entenderse como una reintegración a un estado de equilibrio dinámico, donde la estabilidad buscada depende de la regeneración de un tipo particular de especies, como las pasturas del ecosistema.

“Las plantas crecen, la biomasa aumenta, los nichos ecológicos se llenan, la conectividad del ecosistema aumenta y el número de especies se reduce por competencia. A medida que la biomasa y la conectividad aumentan y la biodiversidad merma, los ecosistemas se convierten en “accidentes a la espera de ocurrir” (Gunderson y Holling, 2002), donde: “problemas cada vez más pequeños pueden tener impactos cada vez más grandes” (Fraser, 2007). Por lo que el concepto de estabilidad de estos ecosistemas está íntimamente relacionado con los conceptos de fluctuación y cambio (Holling, 1986; Olsson, 2003)”.

Así, Markos (2012) señala que, si bien la gestión humana de los hábitats tiende generalmente a simplificar los sistemas naturales maximizando la provisión de algunos bienes y servicios, afecta directamente otros servicios ecológicos que suelen ser provistos por ecosistemas más complejos. (FAO, 2003).

Los ecosistemas intervenidos por la gestión humana, producen más de un bien requerido por las necesidades humanas, que de los demás bienes requeridos por el ecosistema, perdiendo diversidad y redundancia y elevando la vulnerabilidad de los ecosistemas (Altieri, 1999; FAO, 2003; Pérez, 2007). Los sistemas agrícolas mixtos son más resilientes a los cambios ambientales y shocks que los de monocultivos (Altieri, 1999; FAO, 2003).

La conectividad es otro concepto clave para entender la resiliencia y estabilidad de un ecosistema, ya que es fundamental para reintegrar ecosistemas fragmentados por la acción antrópica y permitir su funcionamiento no obstante las disrupciones, por ejemplo creando corredores ecológicos que conecten ecosistemas aislados entre sí para favorecer el desplazamiento de fauna a fines alimenticios o reproductivos.

Mayor productividad en los sistemas naturales modificados y simplificados por la acción humana, representan una biomasa muy elevada, en particular en sistemas agrícolas y pecuarios, mientras que la diversidad es nula, lo cual según Markos (2012) torna a estos sistemas en ejemplos paradigmáticos de “accidentes a la espera de ocurrir”, que pueden modificar el ecosistema circundante y afectar al paisaje de una región.

Las transformaciones en el paisaje orientadas a la explotación de un sistema simplificado también incrementan la vulnerabilidad y disminuyen la resiliencia, impactando de manera negativa en la biodiversidad. En este marco, el paisaje se define como la visualización geográfica de una región que incluye las características biofísicas de un ecosistema y, en el caso de un paisaje antrópico, esta definición incluye los atributos culturales e institucionales incluidos en la región (Rietbergen-McCracken, Maginnis y Sarre, 2007).

De esta manera, un cambio en el paisaje, como un incendio o una inundación, implican un cambio en la biodiversidad, en la continuidad y en la resiliencia, así como en los servicios que provee desde el punto de vista antrópico o natural. Los paisajes antrópicos, en este sentido, son una construcción entre las características propias de los ecosistemas y las modificaciones humanas.

Como se mencionó, dichas modificaciones tienen como intención incrementar la producción de alimentos de origen vegetal o animal. Estos cambios, en el largo plazo, repercuten en la estructura del ecosistema y generan paisajes culturales donde el sistema natural debe ser entendido junto con las intervenciones humanas. La pérdida de hábitats, la fragmentación y pérdida de conectividad funcional de los espacios naturales causada por el desarrollo de infraestructuras, la expansión urbana y la intensificación agraria, son de las principales causas de la pérdida de diversidad biológica.

Por ello, la literatura se refiere a la pérdida de hábitat y al aislamiento de los hábitats con el término fragmentación. La fragmentación de los hábitats, junto con la poca movilidad de especies, son las principales causas de extinción de especies en peligro (Harris, 1984; Wilson, 1988; Saunders y Hobbs, 1991; Alverson, *et al.*, 1994; McCullough, 1996; Pickett, *et al.*, 1997; Fiedler y Kareiva, 1998).

La fragmentación del paisaje es la última etapa de un proceso de alteración del hábitat en el que la disminución de su superficie, es decir, la subdivisión de hábitats se hacen mayores hasta llegar el punto en el que el paisaje pierde su funcionalidad, al quedarse los elementos aislados unos de otros. El proceso de alteración del paisaje se da en dos etapas: la que la pérdida de hábitat y su deterioro son estimables pero no inciden de forma irreversible sobre el funcionamiento del paisaje y, una segunda etapa, donde se da el aislamiento de los retazos de hábitats o fragmentación del paisaje, donde la conectividad entre los elementos remanentes del paisaje es prácticamente nula (Martínez, *et al.*, 2009).

La pérdida de hábitat es consecuencia, en muchos casos, de demandas territoriales para el crecimiento urbano o la expansión agrícola, simplificando los ecosistemas para brindar mayor cantidad de servicios ambientales usados por los sistemas antropogénicos. Mientras que el problema de la conectividad puede encararse desde un punto de vista de continuidad y coherencia territorial con soluciones que demandan pequeñas áreas de territorio.

La conectividad se define como una propiedad del paisaje que hace posible el flujo de materia, energía y organismos, entre diversos ecosistemas, hábitats o comunidades (Martínez, *et al.*, 2009). La conectividad se traduce en un incremento del intercambio de individuos entre poblaciones, un incremento de la persistencia local y regional de las poblaciones, reduciendo así la tasa de extinción y aumentando la tasa de colonización. La conectividad puede definirse también como el parámetro del paisaje que indica en qué medida las subpoblaciones se encuentran conectadas y, por tanto, funcionan como una unidad (Merriam, 1984; Taylor, *et al.*, 1993; With, *et al.*, 1997).

Este es el caso de las llanuras del Beni, en la zona central de la cuenca amazónica en Bolivia, donde la existencia de grandes sabanas y pastizales no puede ser entendida sin la intervención humana. Esta región está expuesta a inundaciones cíclicas producidas por las lluvias en la región andina y, a incendios naturales, cuando dichas lluvias se retrasan y tormentas eléctricas pueden llegar a producir grandes incendios (Markos, 2012).

Las comunidades indígenas de la región notaron que después de los grandes incendios y la ocurrencia de inundaciones extensas, la abundancia de grandes herbívoros se incrementaba; por lo que provocar incendios en la época de sequías, previas a la época de inundaciones, pasó a formar parte de las prácticas culturales de estos grupos para modificar su ambiente, simplificando el ecosistema y potenciando las pasturas en desmedro de la sucesión de bosques y matorrales, que suele sucederse en forma natural después de los incendios en la cuenca amazónica.

En la época de la colonia, con el arribo de ganado vacuno, la práctica de regeneración de pasturas implementada por los indígenas fue adoptada por los colonizadores españoles y extendió el paisaje cultural de las sabanas hacia la parte central de la cuenca del río Mamore, afluente del río Amazonas, limitada por las zonas húmedas donde la sucesión de incendios a pasturas no es factible por el tipo de vegetación y características climáticas que impiden la propagación de estos incendios.

Las prácticas culturales destinadas a incrementar la cacería de herbívoros mayores y, luego, a la cría extensiva de ganado vacuno, han generado un ecosistema con una alta fluctuación en el tipo de cobertura vegetal, condicionada a eventos climáticos y a la intervención humana. A pesar de ello es un ecosistema resiliente, desde el punto de vista humano, puesto que garantiza la provisión de servicios ambientales para la satisfacción de las necesidades humanas.

Así el manejo de un ecosistema a través del fuego puede llevar a la pérdida de biodiversidad de una región en general. Entendiéndose como biodiversidad: a “la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, a su variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes. “Los seres humanos al aprovechar la variabilidad genética y domesticar por medio de la selección artificial a varias especies; han creado una multitud de razas de diferentes géneros. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen son parte de la biodiversidad cultural” (CONABIO, 2016). Por lo que el manejo de un ecosistema que condiciona la prevalencia de cierto tipo de especies en desmedro de otras se puede entender como biodiversidad cultural y por ende generan junto con su entorno específico un paisaje cultural.

“Los seres humanos al aprovechar la variabilidad genética y domesticar por medio de la selección artificial a varias especies; han creado una multitud de razas de diferentes géneros. Las variedades de especies domésticas, los procesos empleados para crearlas y las tradiciones orales que las mantienen, son parte de la biodiversidad cultural” (CONABIO, 2016). Por ello, el manejo de un ecosistema que condiciona la prevalencia de cierto tipo de especies en desmedro de otras, se puede entender como biodiversidad cultural y, por ende, generan junto con su entorno específico un paisaje cultural.

Los elementos disruptivos usados por las prácticas culturales y los elementos cíclicos climáticos, como son los incendios y las inundaciones, son elementos de choque que modifican el ambiente para llevarlo a un estado de recuperación que favorece la biodiversidad y la conectividad de ciertos elementos del sistema en desmedro de otros.

Entre el corto y el largo plazo, conceptualizando variables lentas y rápidas en las sabanas tropicales

En hábitats como las sabanas y las pasturas, la conectividad de especies y animales parece estar garantizado, aunado a ello los ríos y arroyos que atraviesan la región actúan junto con las grandes inundaciones como carreteras para la movilidad de animales y plantas a lo largo de la región. Lo que provoca una estabilidad cíclica que genera un paisaje cultural en sí mismo, que

funciona en una relación compleja entre humanos y hábitats, donde operan variables rápidas y variables lentas.

“En los sistemas en general operan variables rápidas y variables lentas (Reynolds, *et al.*, 2007). Mientras las variables rápidas son aquellas capaces de experimentar cambios frecuentes en el corto plazo (productividad de la pastura, rendimiento de carne o leche, rentabilidad anual), las variables lentas son aquellas que sufren cambios perceptibles sólo en el largo plazo (cobertura vegetal, composición de la vegetación, materia orgánica de los suelos). Las variables rápidas muestran una alta sensibilidad a la acción humana y son el foco de prácticas agronómicas muy generalizadas (fertilización, control de plagas, suplementación, labranzas, riego).

Por su parte, si bien las variables lentas muestran una baja sensibilidad a la intervención humana de corto plazo, una acción antrópica prolongada puede generar eventos catastróficos no predecibles (desertificación, contaminación, sedimentación), no siempre reversibles. La acción humana sostenida sobre las variables lentas puede determinar que éstas sean empujadas más allá de ciertos umbrales críticos de estabilidad y disparar cambios no-lineales, de naturaleza catastrófica, en el sistema. (Stafford y Reynolds, 2002)”. Tabla 1.

Sistema	Rápido	Lento	Muy Lento
Dinámica plagas- especies herbáceas	Insectos	Follaje	Arbustos
Suelos de pastizales	Contenido de humedad	Capacidad de retención de agua	Fertilidad
Dinámica del fuego en los pastizales	Intensidad	Combustible	Balance arbustos – especies herbáceas
Sabanas	Pastos Anuales	Pastos perennes	Arbustos y pastoreo
Productividad de las fincas familiares	Producción de grano	Valor del ganado	Composición genética del hato
Economía de las fincas familiares	Ingreso disponible neto	Tasa de interés	Riqueza de capital
Economía de Argentina	Tasa de interés	Eficiencia de exportación	Globalización del mercado

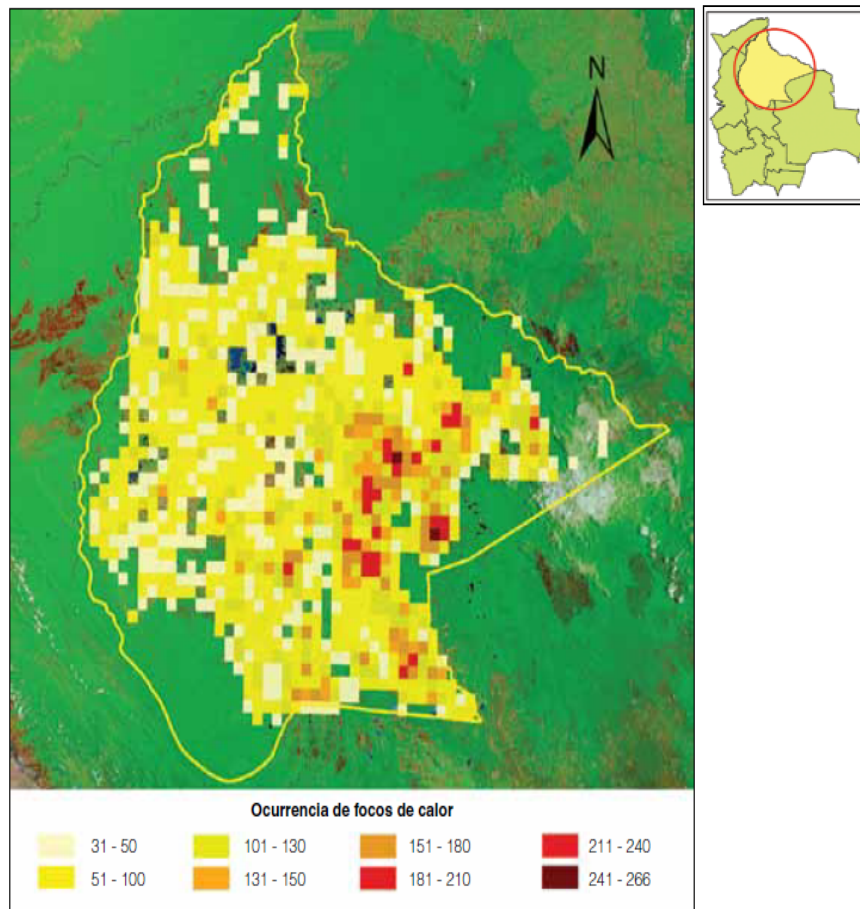
Tabla 1. Ejemplos de variables relativamente “rápidas” y “lentas” Fuente: Stafford y Reynolds, 2002.

Métodos

Para analizar los fenómenos presentados, es decir, la ocurrencia de incendios e inundaciones y sus relaciones con el paisaje en las sabanas amazónicas, se utilizaron sensores remotos e imágenes satelitales que permitieron analizar la sucesión de estos fenómenos de incendios e inundaciones, brindando elementos de análisis para entender la variabilidad climática que afecta a esta región y comprenda las prácticas culturales de los habitantes de la zona. Las prácticas culturales de los habitantes de esta región se basan, en gran medida, en la comprensión y manejo de las condiciones climáticas para favorecer los aprovechamientos de sucesión natural de este ecosistema ante grandes interrupciones como incendios e inundaciones.

Análisis Espacial

El Beni es el segundo departamento en extensión territorial de Bolivia: con 213,564 km², representa cerca del 20% de la superficie total del país. Encontrándose completamente ubicada dentro la cuenca amazónica, el Beni se caracteriza por ser una región de poca pendiente, perteneciente a las planicies centrales de la región amazónica, por lo que queda sujeto a inundaciones anuales de baja escala o a grandes inundaciones cada cierto número de años, que cubren grandes extensiones de esta región, (ver mapa 1). Se usa, como base de información, una serie de estudios desarrollados por las fundaciones PIEB y FAN en Bolivia, entre 2000 a 2010. Usando para ello el análisis de imágenes de focos de calor del sistema MODIS.



Mapa 1. Focos de Calor en Bolivia región de sabanas en el Departamento del Beni. Cantidad de focos de calor por pixel (2000-2010). Basado en Badoin, *et al.*, 2012

“El término ‘foco de calor’ se utiliza generalmente para definir un área que presenta una temperatura de superficie anómala. En la mayoría de los casos se asocia la presencia de un foco a la existencia potencial de un fuego o incendio. La detección de focos de calor se basa en la capacidad de algunos sensores remotos de capturar la energía emitida por la superficie en las longitudes de onda correspondientes al infrarrojo medio y térmico” (Bella, *et al.*, 2008). La cantidad de focos de calor para los años 2000-2011 para la región del Beni, se obtuvieron a través de la página web del sensor MODIS —Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer—, sensor que cuenta con un canal creado específicamente para la detección de fuegos del sistemas de satélites TERRA de la Agencia Nacional del Espacio y Aeronáutica (NASA) (Csiszar, *et al.*, 2008).

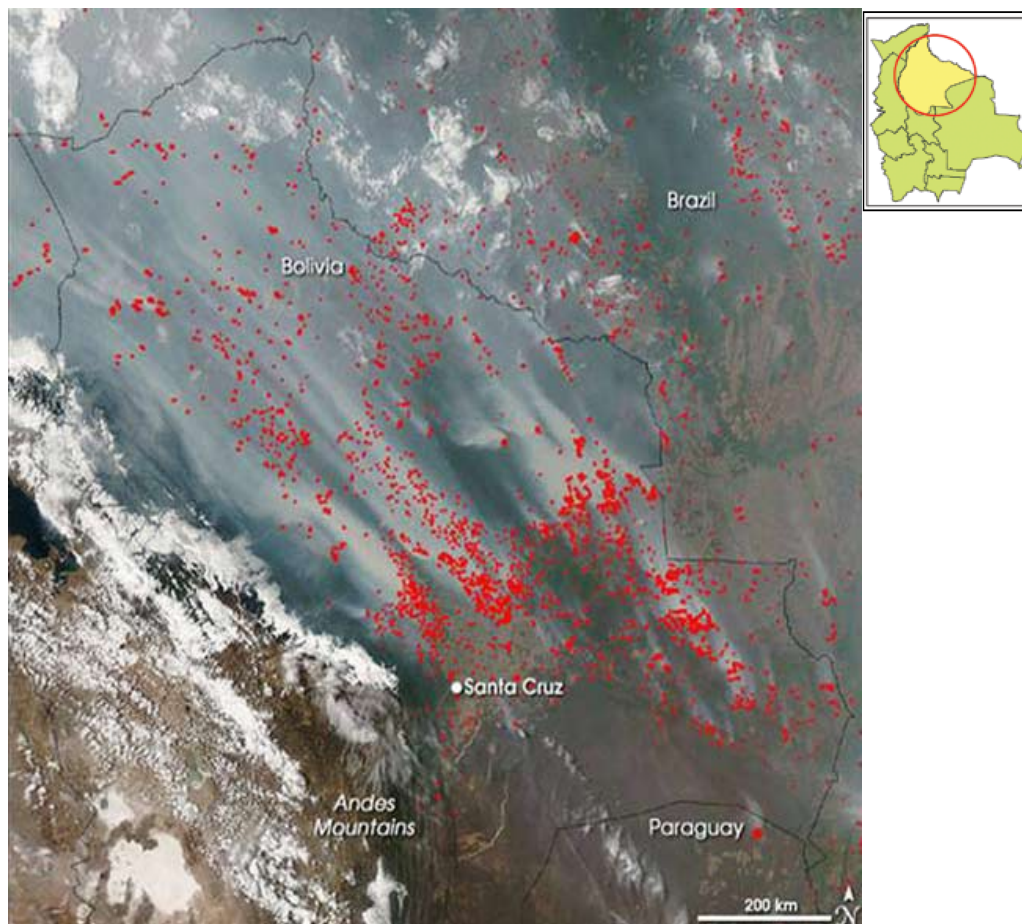
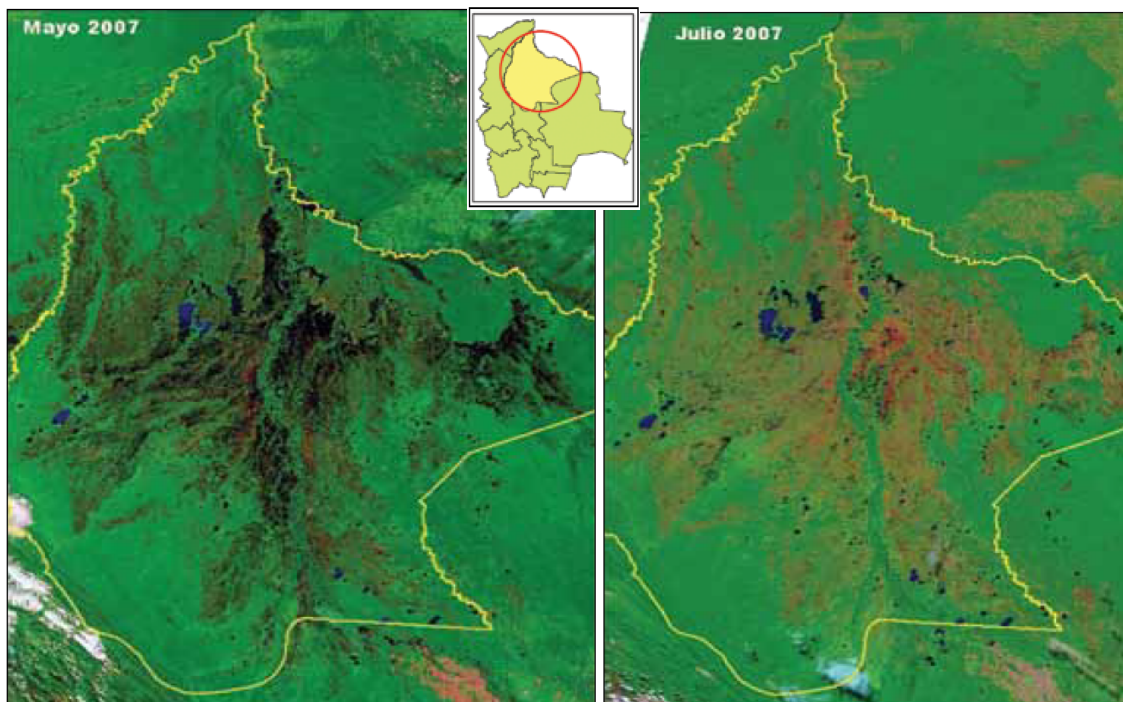


Imagen 1. Bolivia: imagen satelital de los focos de calor ⁸

Mientras que la información sobre inundaciones se obtuvo de imágenes satelitales que usan una combinación de bandas 721 a una resolución de 500 m, e imágenes satelitales con una combinación de bandas 321 (color real) que permitió al estudio diferenciar los cuerpos de agua y la inundación en época húmeda, y el cambio en época seca. Todas estas imágenes permitieron apreciar los focos de calor e inundaciones, ver los efectos del clima en dichos fenómenos y asociar la intervención humana en los incendios ocurridos en la región en los años de estudio, permitiendo entender las necesidades de resiliencia, movilidad, conexión y biodiversidad de esta región (Csiszar, *et al.*, 2008).



Mapa 2: Beni. Imágenes satelitales de inundación durante la época húmeda (izquierda) y época seca (derecha)

“La vegetación dominante está representada por formaciones de sabanas (grandes regiones de pastos nativos), bosques semidecíduos continuos o en islas, bosques de palmeras, bosques ribereños (ripario) y bosques de várzea, entre otros (Beck y Moraes, 2004). La configuración y dinámica de inundaciones e incendios de las comunidades vegetales son el resultado de los aportes abruptos y graduales de agua, que sobrepasan estacionalmente la capacidad del curso del río y que, junto con el aporte de las precipitaciones locales, generan todos los años algún grado de inundación” (Navarro, 2002; Pouilly, *et al.*, 2004).



Fotografía 2. Imágenes de cambios de uso de suelo departamento del Beni ¹⁰

Discusión y análisis

La revisión de los conceptos de resiliencia, conexión, estabilidad de un ecosistemas y sus efectos en la biodiversidad, y composición de un paisaje, pueden dar luces sobre la conceptualización de un entorno en constante cambio como son las llanuras amazónicas. En la metodología utilizada, los estudios desarrollados entre 2000 – 2010, muestran la ocurrencia de un número creciente de incendios de origen antrópico e inundaciones periódicas que dan como resultado modificaciones sustanciales de este paisaje cultural que pueden resumirse en el gráfico 1.

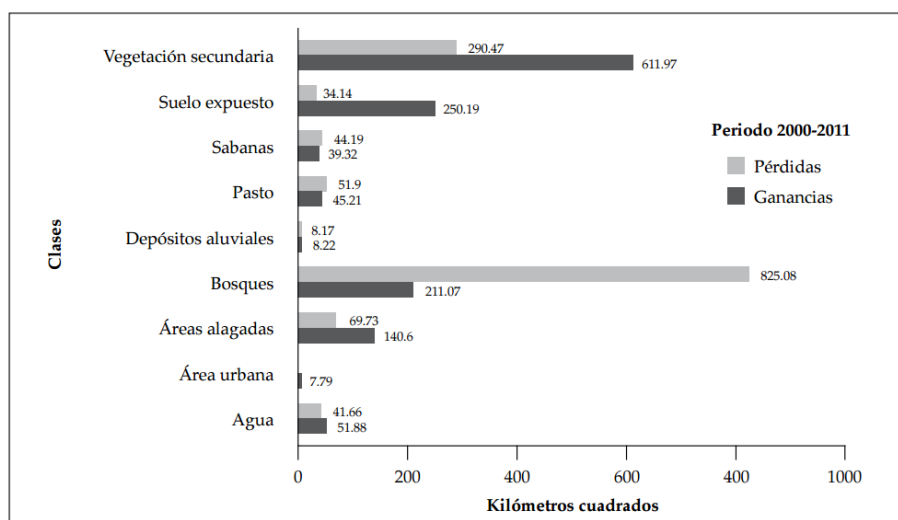


Gráfico 1. Pérdidas y ganancias de coberturas de suelo en la región Norte del departamento del Beni, periodo 2000-2011.

Fuente: Peralta-Rivero, *et al.*, 2015

En el periodo de análisis se observa una gran pérdida de cobertura boscosa que se traduce en la ganancia de dos clases de suelo: la vegetación secundaria y el suelo expuesto. Ambos tipos de cobertura significan la ocurrencia de grandes incendios y el avance de la frontera agrícola y la ganadería, que usa las regiones boscosas como fuente de tierras destinadas a la producción agrícola de oleaginosas o la producción extensiva de ganado vacuno. Provocando ambas actividades la desertificación de suelos y la pérdida de biodiversidad inherente al fenómeno, con casi el 30% del cambio de cobertura vegetal en la región.

En el caso de la desertificación, la resiliencia del ecosistema entra en otra dinámica negativa, donde a pesar de existir condiciones para el establecimiento de otro tipo de vegetación, la existencia de interrupciones como el fuego, el maquinado del suelo o el pastoreo intensivo, han mermado la capacidad del ecosistema para recuperarse. Mientras que en el caso de la vegetación secundaria y en los procesos de recuperación del bosque, se ve la resiliencia del ecosistema para tratar de volver a equilibrios anteriores a pesar de las interrupciones en el paisaje.

	Agricultura mecanizada	Agricultura a pequeña escala	Ganadería en pastos sembrados	Total
Conversión 2000 – 2005	313.802 ha	188.818 ha	397.993 ha	900.6 13 ha
Promedio anual*	62.760 ha	37.764 ha	79.599 ha	180.1 23 ha
Contribución en %	34.8%	21.0%	44.2%	100%
Conversión 2005 – 2010	221.494 ha	143.198 ha	537.236 ha	901.9 28 ha
Promedio anual	44.299 ha	28.640 ha	107.447 ha	180.3
Contribución en %	24.6%	15.9%	59.7%	100%
Conversión 2000 - 2010	0.54 millones ha	0.33 millones ha	0.94 millones ha	1.8 millones es ha
Contribución en %	29.7%	18.4%	51.9%	100%

Factores determinantes para el cambio de uso de suelo

	Agricultura mecanizada	Agricultura a pequeña escala	Ganadería
Humedad en exceso	-3.03	0.21	-0.79
Riesgo de sequía	-1.27	-4.33	-0.37
Suelos fértiles	1.78	1.18	0.83
Suelos ferralíticos	-4.94	-1.69	-0.32
Pendiente	-2.19	-0.72	-0.77
Costo transporte exportación	-0.39	0.14	-0.19
Costo transporte a mercados locales	-0.38	-1.51	-1.30
TCOs	-4.71	-0.53	-1.29
Áreas protegidas nacionales	-4.01	-0.39	-1.75
ANMIs	-4.14	0.51	-1.53
Concesiones forestales	-1.40	0.01	-0.82

Tabla 2. Contribución de las tres causas directas de la deforestación 2000-2005-2010 en las tierras bajas de Bolivia.

Coefficientes estandarizados del modelo espacial (con valores de significancia por encima del 95%). Abreviaciones: TCOs = Territorios Comunitarios de Origen, ANMIs = Área Natural de Manejo Integrado.

Fuente: Müller *et al.* 2014

Las principales causas de dichas pérdidas pueden resumirse en la tabla 2, donde se observa que en la región de sabanas y llanos tropicales, las principales actividades que contribuyen al cambio de uso de suelo son la agricultura mecanizada con el 29.7% de la ocupación de la cobertura vegetal, la agricultura a pequeña escala con un 18,4% y la ganadería, con el 51.9%; dichos cambios producen, a través del manejo del fuego y las inundaciones, cambios en el uso del suelo que favorecen condiciones de crecimiento y de pastos nativos y cultivados con la finalidad de incrementar la biomasa de las regiones y producir ganado vacuno e incrementar la proliferación de grandes herbívoros nativos.

Los factores determinantes de dichos cambios se ven favorecidos por la existencia de regiones con suelos fértiles, donde estas actividades compiten por el suelo en desmedro de los bosques o sabanas naturales establecidas en estas zonas. La existencia de grandes áreas inundables es condicionante, para que estas actividades no proliferen en las zonas afectadas recursivamente por las inundaciones.

Es por lo anterior que, a pesar de la ocurrencia de incendios, las regiones que suelen ser anegadas por los flujos de agua se ven ignoradas para el avance de la frontera agrícola y pecuaria, generando regiones de conexión de especies nativas circundantes a los grandes ríos y humedales de la región. Otras características que limitan la expansión de la frontera agrícola son la existencia de grandes áreas protegidas y los sistemas de tierras con manejo integrado, donde las actividades agrícolas extensivas y la ganadería no son permitidas.

Mientras tanto, la existencia de territorios comunitarios de origen, donde las prácticas culturales de los grupos indígenas de la región, favorecen la conservación del paisaje tradicional. Y el manejo del fuego previo a las inundaciones, en vez de afectar la composición del ecosistemas, lo favorecen al disuadir a las principales actividades disruptivas de este medio de afectar tanto al bosque como a la sabana.

Conclusiones

El avance de la frontera agrícola y pecuaria, sus efectos de largo plazo en la composición de un paisaje y sus impactos en la biodiversidad y capacidad de recuperación de un ecosistema, son evidenciados en los resultados de los estudios de largo plazo desarrollados en las sabanas de Bolivia, donde se observa la intensidad de las disrupciones de origen humano como los incendios y los efectos de las inundaciones provocadas por las grandes precipitaciones pluviales en las regiones montañosas aledañas a la cuenca del río Amazonas en Bolivia.

Dichos fenómenos de origen antrópico y natural se combinan históricamente y generan un gran paisaje cultural, que es resiliente en forma positiva, ya que periódicamente fluctúan en la regeneración de grandes extensiones de pastizales usadas históricamente para la caza de herbívoros mayores y la cría de ganado vacuno.

La intromisión en este ecosistema de la agricultura mecanizada y pequeños campesinos que usan el fuego, no son para la regeneración de pastos, sino para el avance la frontera agrícola tradicional, agricultura que está dominada por monocultivos de oleaginosas y agricultura de roza, tala y quema y que, en conjunto, provocan la pérdida de cobertura boscosa y la aparición de grandes bloques de vegetación secundaria que no favorecen al paisaje cultural circundante y, por lo tanto, tampoco a la biodiversidad de la región al afectar variables que determinan la resiliencia de estos ecosistemas como la fertilidad y el manejo de humedad del suelo.

Por ello es vital tratar de entender las otras directrices de manejo de la biodiversidad de estos ecosistemas, las condicionantes de la resiliencia de estos paisajes culturales, la conexión de ecotipos por la fluctuación de las inundaciones, y la estructura misma de esta paisaje cultural construido por los habitantes, la periodicidad de fuegos e inundaciones, para conservarlos y sostenerlos en las condiciones actuales de incremento de las necesidades humanas por alimentos de origen agrícola y pecuario.

Las grandes sabanas de la cuenca del río Amazonas brindan más servicios ambientales a la región que la provisión de alimentos o proteína de origen animal. La regulación de las grandes inundaciones, la conexión entre los sistemas forestales de pie de montaña y los bosques de galería de la región central de la cuenca amazónica, dependen, en gran medida, de la salud de estos ecosistemas que permiten el paso de los grandes herbívoros y la diseminación de semillas y, con ellos, la conservación de la biodiversidad del paisaje no sólo de las grandes llanuras, sino de toda la cuenca del río Amazonas.

7 Fuente: Richardson 2002.

8 Fuente: <http://madalbo.blogspot.com/2010/08/los-incendios-se-extienden-en-109.html>

9 Fuente: Baudoin, et al., 2013

10 www.mirabolivia.org

Referencias

Adger, W.N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? *En Progress in Human Geography*, 24(3), pp. 347-364. DOI: 10.1191/030913200701540465.

Alinovi, L., Mane, E., y Romano, D. (2010). Measuring Household Resilience to Food Insecurity: Application to Palestinian Households. En Benedetti, R., Bee, M., Giuseppe, E., y Piersimoni, F. (eds.), *Agricultural Survey Methods: John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, Reino Unido*.

Altieri, M.A. (1999). *Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable, Nordan-Comunidad. Montevideo*.

Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A., y Pope, J.G. (1994). *A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO. Roma*.

Baudoin Weeks, M., Domic Rivadeneira, A., Tejeda Pérez, W., Ortuño Riveros, N., Palabral Aguilera, A., Ramírez Rodríguez, E., Bustillos Cayoja, R., y Calderón Ruso, J. (2012). Inundaciones e incendios, Elementos para un acercamiento integral al problema en el Beni, Embajada Real de Dinamarca, Fundación PIEB, La Paz, Bolivia, pp. 27-75.

Beck, S.G., y Moraes, M. (2004). Características biológicas generales de la llanura del Beni. En Pouilly, M., Beck, S., Moraes, M., Ibañez, C. (eds.) *Diversidad ecológica en la llanura de inundación del río Mamoré, Importancia ecológica de la dinámica fluvial. Centro de Ecología Simón I. Patiño. Santa Cruz, Bolivia*.

Common, M., y Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica. Reverté, Barcelona*.

CONABIO. (Consultado en 2016): <http://www.conabio.gob.mx/> <http://www.biodiversidad.gob.mx/>

Csiszar, I.A., y Schroeder, W. (2008). Short-term observations of the temporal development of active fires from consecutive same-day ETM+ and ASTER imagery in the Amazon: Implications for active fire product validation. *En IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1(4), pp. 248-253. Recuperado de: https://geog.umd.edu/sites/geog.umd.edu/files/pubs/ciszar_and_schroeder_2008_ieee.pdf

Di Bella, C.M., Posse, G., Beget, M.E., Fisher, M.A, Mari, N., y Veron, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas*, 17(3), pp. 39-52. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/540/54017106004/>

Fielder, P.L., y Kareiva, P.M. (Eds.). (1998). *Conservation Biology*. DOI: 10.1007/978-1-4615-6051-7

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2003). *Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria. Autor. Roma*.

Fraser, E.D.G., (2007). Food system vulnerability: Using past famines to help understand how food systems may adapt to climate change. En *Ecological Complexity*, 3, pp. 328-335. DOI: 10.1016/j.ecocom.2007.02.006

Harris, L.D. (1984). *The fragmented forest, Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. University of Chicago Press, Chicago.

Hobbs, R.J., y Saunders, D.A. (1991). Re-integration fragmented landscapes – a preliminary framework for the Western Australia wheatbelt. En *Journal of Environmental Management*, 33(2), pp. 161-167. DOI: 10.1016/S0301-4797(05)80092-1

Holling, C.S. (1986). The resilience of terrestrial ecosystems, local surprise and global change. En Clark, W.C., y Munn, R.E. (eds.) *Sustainable Development of Biosphere*. Cambridge University Press, Cambridge. Reino Unido.

---, (1973). Resilience and stability of ecological systems. En *Annual Review of Ecology and Systems*, 4, pp. 1-23. DOI: 10.1146/annurev.es.04.110173.000245

---, y Gunderson, L.H. (Eds.). (2002). *Resilience and adaptive cycles*. En *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C.

Leguía Aliaga, J.D., Villegas Quino, H., y Aliaga Lordemann, J. (2011). Deforestación en Bolivia: una aproximación espacial. En *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, 15, pp. 7 - 44. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062011000100001

Markos, A. (2012). *Las civilizaciones hidro-agrícolas de Moxos en la Amazonia Boliviana*. OXFAM. La Paz, Bolivia.

Martínez, C., Múgica de la Guerra, M., Castell, C. y de Lucio, J.V. (2009). *Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos*. EUROPARC-España. Ed. FUNGOBE. Madrid, España. p. 86.

McCullough, D.R. (1996). Spatially structured populations and harvest theory. En *The Journal of Wildlife Management*, 60(1), pp. 1-9. DOI: 10.2307/3802033

Merriam, H.G. (1984). Connectivity: A fundamental ecological characteristic of landscape pattern. En *Proceedings of the First International Seminar on Methodology in Landscape Ecological Research and Planning*, International Association for Landscape Ecology, pp. 5-15.

Muller, R., Larrea-Alcázar, D.M., Cuéllar, S., y Espinoza, S. (2014). Causas directas de la deforestación reciente (2000-2010) y modelado de dos escenarios futuros en las tierras bajas de Bolivia. En *Ecología en Bolivia*, 49(1), pp. 20-34. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000100003

Navarro, G. (2002). Vegetación. En Navarro, G. y Maldonado, M. (eds.) *Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos*. Centro de Ecología Simón I. Patiño, Cochabamba, Bolivia.

Olsson, P. (2003). Building capacity for resilience in social- ecological systems. (Tesis Doctoral). Stockholm University. Suecia.

Orr, D.W. (1992). Ecological literacy, Education and the transition to a postmodern world. State University of New York Press, Albany.

Oxfam Internacional. (2009). Bolivia, Cambio climático, pobreza y adaptación. Autor. La Paz. Bolivia.

Peralta-Rivero, C., Torrico-Albino, J.C., Vos, V.A., Galindo-Mendoza, M.G., y Contreras-Servín, C. (2015). Tasas de cambios de coberturas de suelo y deforestación (1986-2011) en el municipio de Riberalta, Amazonía boliviana. En *Ecología en Bolivia*, 50(2), pp. 91-114. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v50n2/v50n2_a03.pdf

Perez Arrarte, C. (2007). Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua, Un análisis a partir del desarrollo de las plantaciones forestales en Uruguay. Montevideo: Grupo Guayubira.

Pickett, S.T.A., Wu, J., y Cadenasso, M.L. (1999). Patch dynamics and the ecology of disturbed ground: A framework for synthesis. En Walker, L.R. (ed.) *Ecosystems of Disturbed Ground*, Elsevier. Amsterdam, pp. 707-722.

---, Burch, W.R., Dalton, S.E., Foresman, T.W., Grove, J.M., y Rowntree, R. (1997). A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. En *Urban Ecosystems*, 1(4), 185-199. DOI: 10.1023/A:1018531712889

Pouilly, M., Yunoki, T., y Rosales, C. (2004). Trophic structure of fish assemblages from Mamoré River floodplain lakes (Bolivia). En *Ecology of Freshwater Fish*, 13(4), pp. 245-257. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2004.00055.x

Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner II, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernández, R.J., Herrick, J.E., Huber-Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lyman, T., Maestre, F.T., Ayarza, M., y Walker, B. (2007). Global Desertification: Building a science for dryland development. En *Science*, 36(5826), pp. 847-851. DOI: 10.1126/science.1131634

Rietbergen-McCracken, J., Maginnis, S., y Sarre, A (Eds.). (2007). *The forest landscape restoration handbook*. Londres; Sterling, VA: Earthscan.

Royal Society. (2008). Biodiversity-climate interactions: adaptation, mitigation and human livelihoods. Recuperado de: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2007/7991.pdf

Stafford Smith, D.M., y Reynolds, J.F. (Eds.). (2002). *Desertification: A new paradigm for an old problem*. En *Global desertification: Do humans cause deserts?* Dahlem University Press. Berlín,

Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. y Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), p. 571. DOI: 10.2307/3544927

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., y Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. En *Ecology and Society*, 9(2), p. 5. Recuperado de: <http://www.uu.nl/sites/default/files/resilience-adaptability-and-transformability.pdf>

Wilson, E.O. (Ed.). (1988). *Biodiversity*. National Academy Press, Washington.

With, K.A., Gardner, R.H., y Turner, M.G. (1997). Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos*, 78(1), pp. 151-169. DOI: 10.2307/3545811

12. Caracterización socioecológica en un espacio de transición entre lo rural y lo urbano del Estado de Morelos

Laura Elisa Quiroz-Rosas

Departamento de Ciencias Sociales

Laboratorio de Análisis Socioterritorial (LAST)

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Cuajimalpa

Introducción

Actualmente las unidades de producción campesina están pasando por un proceso de diversificación ocupacional en el que se identifican diferentes actividades ligadas al autoconsumo, la compraventa de productos, la migración temporal y, en menor grado, la agricultura. Estos elementos han transformado el patrón de actividades ligadas al campo, así como la organización de sus espacios, manteniendo algunas de sus labores tradicionales, pero también llevando a cabo actividades que se relacionan directamente con el proceso urbano.

Por ello este capítulo propone el enfoque de los socioecosistemas como una oportunidad para revisar críticamente la dicotomía que existe entre el espacio rural y urbano. Para abordar este enfoque analítico se toma como área de estudio el Sistema Socioecológico (SSE) de Tepoztlán, Morelos, el cual por una parte se encuentra en constante presión por el crecimiento de las ciudades cercanas como la Ciudad de México, Cuernavaca y Cuautla, aunado a la implementación de Programas que fomentan el desarrollo de las actividades turísticas. Y por otra parte, este lugar ha sido testigo de diversos procesos en pro de la protección de sus recursos naturales, que han repercutido con la dinámica de sus localidades, desde movimientos civiles en torno a la defensa de su territorio, hasta la resistencia ante la urbanización acelerada, por lo que resulta interesante el análisis de su dinámica territorial vista desde la visión de los SSE.

Para lograr este objetivo el capítulo se divide en tres secciones; la primera busca introducir al lector sobre los principales enfoques conceptuales y analíticos utilizados en la investigación, para diferenciar un espacio urbano de uno rural y se propone el enfoque de los SSE como una oportunidad para revisar, en términos analíticos, esta dicotomía que existe entre lo rural y lo urbano. La segunda sección hace una caracterización del área de estudio, en torno a su estructura territorial, características de su población y de las diferentes formas de ocupación del suelo. Finalmente en la tercera sección se describe el SSE de Tepoztlán con base en tres componentes de la resiliencia en un SSE: Conectividad, Diversidad y Retroalimentación. Estos componentes permiten analizar la capacidad de recuperación y resiliencia del SSE de Tepoztlán. Para cerrar el capítulo se presenta una breve conclusión sobre la importancia de estudio de los SSE y la integración de esta visión a Programas y Políticas Públicas que permitan mejorar la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos, tanto en ámbitos urbanos, como rurales.

Entre lo rural y lo urbano: ¿dicotomía o visión sistémica?

Para identificar las principales características de la dicotomía entre lo urbano y lo rural, esta sección está dividida en dos partes; la primera busca introducir al lector en los principales enfoques conceptuales y analíticos utilizados en la investigación para diferenciar el campo de la ciudad, haciendo una breve revisión de las principales aportaciones teóricas y analíticas que definen el espacio rural y urbano. La segunda, propone el enfoque de los Sistemas Socioecológicos (SSE) como una oportunidad para revisar críticamente la dicotomía tradicional que existe entre ambos espacios. La visión que ofrece los SSE, permite replantear cómo y desde dónde nos situamos

como sociedad ante la naturaleza y permite generar una serie de incógnitas como: ¿Qué tipo de relaciones entre el campo y la ciudad se establecen en un Sistema Socioecológico? ¿Pensamos que los procesos naturales pueden ser entendidos como autónomos? ¿Cuáles son los límites espaciales de un SSE? y ¿Qué elementos se deben considerar para estudiar un SSE? Estas interrogantes se abordarán a lo largo del capítulo partiendo del enfoque teórico de los SSE para analizar el territorio.

La dicotomía entre lo rural y lo urbano

La definición y delimitación del campo y la ciudad ha sido ampliamente debatida entre investigadores y organismos gubernamentales de cada País, ofreciendo diversas soluciones ante esta problemática. La diferencia entre lo rural y lo urbano, antes de la Revolución Industrial, era probablemente indiscutible, pues había un claro reconocimiento de estos espacios en términos de sus actividades económicas, ocupación del suelo y las características de su población. Sin embargo, actualmente con el Modelo de Desarrollo Global, actividades como: la diversificación de la estructura productiva, el desvanecimiento o transformación en los estilos de vida y valores asociados a lo rural (tradicional) con lo urbano (moderno), son cada vez más frecuentes haciendo esta diferencia cada vez menos clara (Rodríguez y Saborío, 2008).

El desarrollo de las telecomunicaciones, el incremento de diversos medios de transporte, la localización de actividades económicas y la homogeneización de comportamientos y formas de vida, han contribuido a que la diferencia entre el campo y la ciudad sea cada vez más difusa. Pese a ello, existen esfuerzos teóricos y analíticos para seguir abordando de manera diferenciada la dicotomía urbano - rural, sin contemplar que son espacios interconectados, en el que uno tiene impacto sobre el otro. En esta sección, la dicotomía urbano – rural se aborda en torno a dos enfoques: el primero hace referencia al concepto teórico que caracteriza a un espacio rural de un urbano y el segundo, en las diferencias analíticas.

Después de una extensa revisión bibliográfica, es posible señalar que en términos generales los rasgos más considerados para diferenciar un espacio rural de un urbano son: el número de habitantes, la densidad poblacional, los modos de vida, la prevalencia de cierto tipo de actividades económicas, la forma urbana, así como la heterogeneidad y el grado de interacción social entre los habitantes (Capel, 1975). Si bien cada espacio cuenta con rasgos y características propias, es necesario integrar, desde una visión más holística, la relación campo – ciudad, considerándola como un Sistema Socioecológico complejo, en donde el bienestar, la salud y muchos de los servicios que consumen los habitantes en las ciudades, se encuentran estrechamente vinculados con las relaciones de los servicios ecosistémicos que provee el campo.

Las definiciones teóricas y operativas de lo rural y lo urbano

En el imaginario cuando hablamos de lo rural nos referimos al campo, de ahí su origen latín - ruralis, de rus, ruris; perteneciente o relativo a la vida del campo y sus labores (Larousse, 2007). Sin embargo, después de décadas de debates teóricos al interior de la literatura académica, aún no existe un consenso sobre ¿Qué es lo rural? Pese a esto, la concepción del espacio rural hace referencia a un amplio espectro de actividades y usos de suelo que se encuentran asociados al campo, la naturaleza, el pueblo, la sociedad campesina, el espacio no urbano, etc. (Paniagua y Hoggart, 2002).

Existen enfoques teóricos sobre los espacios rurales, en donde se ha replanteado el estudio de lo rural, donde la nueva condición está centrada en la desagrarización de sus actividades económicas. La vida rural, que tradicionalmente se encontraba asociada con la actividad agropecuaria, actualmente alberga una diversidad de actividades y relaciones socioterritoriales que la vinculan estrechamente con los centros urbanos y la actividad industrial (De Grammont, 2004). Por otro lado, los rasgos que han definido con mayor frecuencia un espacio urbano han sido fundamentalmente, el tamaño y la densidad tanto de habitantes como del espacio construido, la desaparición de actividades agrícolas y el modo de vida, los servicios y la infraestructura, así como ciertas características sociales, tales como la heterogeneidad, la “cultura urbana” y el grado de interacción social (Capel, 1975).

La sociedad urbana muestra generalmente una compleja división del trabajo, una mayor densidad de población y una amplia diferenciación social y cultural. Los autores del libro “Principios de sociología rural y urbana” expuesta en 1929 por Sorokin y Zimmerman y citado en (Javier y Sastoque, 2005), explican que no existe una dicotomía o ruptura entre lo rural y lo urbano, sino que se trata de un continuo y gradual cambio entre estas dos categorías.

En México, una de las alternativas empleadas para diferenciar un espacio rural de un urbano, está en torno al tamaño de la población; de hecho, aunque en el documento metodológico del XI Censo General de Población y Vivienda de 1990 explica que existen polémicas sobre estos criterios de diferenciación y definición de la frontera entre rural y urbano, se sigue utilizando la variable tamaño de la localidad para los Censos de 2000 y 2010 (INEGI, 2010).

Por su parte, instituciones como el Consejo Nacional de Población (CONAPO) señala que lo rural se identifica con una población distribuida en pequeños asentamientos dispersos, con una baja relación entre el número de habitantes y la superficie que ocupan, así como predominio de actividades primarias, niveles bajos de bienestar y de condiciones de vida (CONAPO, 2012). Si bien es cierto que cada vez es mayor la presión que está ejerciendo la urbanización hacia los lugares “más naturales” que ofrecen una mayor cantidad de servicios ecosistémicos, éstos difícilmente se han valorado y vinculado de manera directa con los beneficios que ofrecen las ciudades como proveedoras de servicios ambientales (McPhearson, *et al.*, 2015).

A partir del análisis de los conceptos que definen un espacio rural y urbano podemos identificar elementos que interaccionan entre uno y otro, mismos que se relacionan principalmente con la población, la economía y las formas de vida presentes en cada espacio y, aunque existen enfoques analíticos que comparan los espacios urbanos y rurales como un continuo, es necesario cambiar de visión y replantear nuevos enfoques hacia una visión más integradora y holística en donde se considere al territorio como parte de un sistema integral donde interaccionan diversos ámbitos.

El enfoque socio ecosistémico

En la sección anterior se abordó la dicotomía urbana rural, las diferencias conceptuales y analíticas y los esfuerzos por marcar límites y fronteras entre un espacio y otro. El aparato propone la visión de los SSE como una forma de analizar el territorio abandonando la idea de lo rural y lo urbano, para ello se hace una breve descripción del enfoque ecosistémico y la forma en que esta postura analítica permite analizar la interacción del hombre - naturaleza – territorio.

El enfoque de los Sistemas Socioecológicos (SSE) ha sido desarrollado por autores de diversas disciplinas, su marco teórico reside en el hecho de que los sistemas sociales y ecológicos están estrechamente conectados y, al interactuar, forman una entidad mucho más compleja; esta dinámica obedece a la teoría general de sistemas propuesta por (Von Bertalanffy, 1976) y al paradigma de la complejidad desarrollada por (Holland, 1992). La definición de un SSE, de la que parte este documento, es la aportación de (Janssen y Ostrom, 2006) en donde se definen como un Sistema Adaptativo Complejo donde los agentes sociales y biofísicos interactúen a múltiples escalas temporales y espaciales. La naturaleza de los SSE, integra múltiples elementos que incluyen: componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos y otros que interactúan entre sí y le dan forma y estructura a todo el sistema (Resilience Alliance, 2010).

Por este motivo, la delimitación de sus fronteras en términos de un ecosistema o un sistema social, resulta artificial y arbitrario pues se encuentra enlazado e influenciado por uno o varios sistemas. De hecho, bajo la perspectiva de los sistemas complejos, los SSE adquieren características propias de la escala, la incertidumbre, la no linealidad, pero sobre todo la capacidad para la auto-organización y la adaptación (Berkes y Folke, 1998).

La integración de la visión de los SSE, permitirá identificar, planificar y gestionar servicios ecosistémicos que han sido afectados actualmente por una serie de factores que se relacionan con el calentamiento global, la creciente urbanización, la pérdida de la biodiversidad, etc.

Incorporar la teoría de la Resiliencia como un vínculo de la teoría de los sistemas complejos adaptativos (Levin, 1998), permite fomentar la capacidad de recuperación de los servicios ecosistémicos que integran el SSE, pues depende de la capacidad del sistema para mantener sus funciones sociales y ecológicas. Así pues, si pensamos en el espacio urbano como una aglomeración de espacios que generan una gama de servicios urbanos como el transporte, la

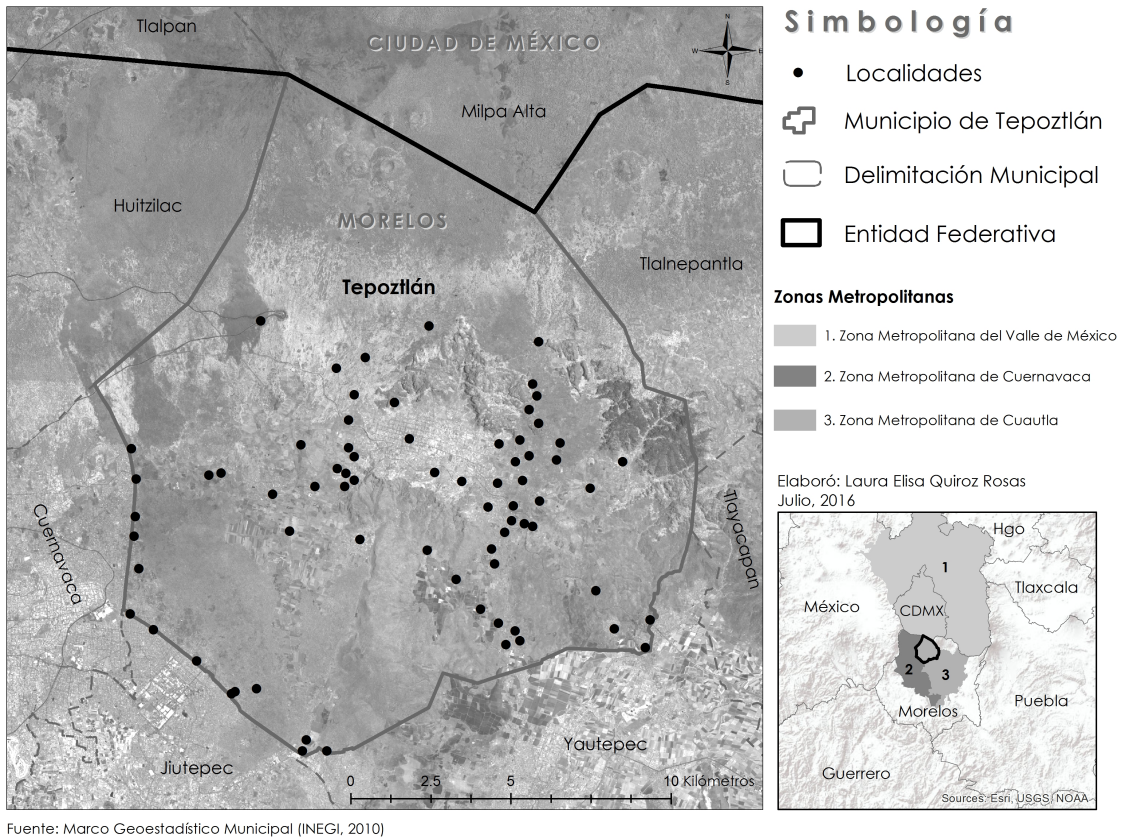
vivienda, la asistencia médica y los empleos (Harvey, 1996), desde el punto de vista de los socioecosistemas, estos servicios están vinculados a procesos ecológicos y servicios ambientales que proveen los espacios rurales. Es decir, los beneficios con los que cuentan los habitantes urbanos, derivan de procesos de los ecosistemas rurales en los que se incluyen (por dar algunos ejemplos): calidad del aire, calidad del agua, regulación del clima, provisión de servicios salud y de recreación (McPhearson, *et al.*, 2015). Este capítulo propone integrar una visión sistémica y holística en donde se analicen las diferentes funciones de los servicios ecosistémicos que integran todo el SSE.

La visión de los SSE proporciona un marco interesante para vincular infraestructura, procesos y elementos ecológicos y sociales de un espacio. La interacción campo – ciudad que conforma un SSE está integrado por una serie de componentes que interaccionan en el espacio y tiempo; estas relaciones se ven reflejadas en el territorio a través de la ocupación del suelo y de las diferentes formas de vida de los habitantes locales, dejando de lado las concepciones dicotómicas con las que usualmente se han abordado los problemas urbanos y rurales. Esta visión es una apuesta por atreverse a plantear otra forma de imaginar la ciudad, con políticas públicas permitan trascender límites entre lo rural y lo urbano en donde se mezclen diversos elementos sociales, naturales y tecnológicos del territorio. Para ejemplificar esta propuesta, en la siguiente sección se aborda el caso de Tepoztlán, Morelos, a partir del enfoque de los SSE.

El caso del sistema socioecológico Tepozteco

Ubicación del estudio de caso

El SSE de Tepoztlán forma parte de la Zona Metropolitana de Cuernavaca; colinda al norte con la Zona Metropolitana del Valle de México y al oriente con la Zona Metropolitana de Cuautla. Estas tres zonas metropolitanas han ejercido durante años una presión constante sobre su naturaleza y concepción de un espacio con características rurales (Mapa 1). El municipio de Tepoztlán, que en náhuatl significa “lugar junto al cobre” cuenta con 72 localidades registradas, de las cuales únicamente tres de ellas son consideradas urbanas -por tener más de 2,500 habitantes- lo cual representa el 52.4% del total de la población, (21,856 habitantes). Las 69 localidades restantes son consideradas rurales, lo cual representa el 47.6%, (19,783 habitantes) de población rural (INEGI, 2010). Estas características socio-demográficas han favorecido la concepción y apropiación de sus habitantes como un espacio natural, es decir, un lugar del campo.



Mapa 1. Ubicación espacial del Municipio de Tepoztlán, Morelos.

Desde su conformación en la época prehispánica, la cabecera municipal de Tepoztlán ha estado conformada por ocho barrios tradicionales que se dividen en los barrios de arriba y los barrios de abajo. Esta división espacial y el simbolismo de cada barrio no sólo se relacionan con su ubicación geográfica, sino con una jerarquización de la población en torno al desarrollo de actividades, estatus económico y acceso a servicios ecosistémicos (principalmente agua), el cual se encuentra relacionado con las características y nombres de los animales emblemáticos de cada barrio (Tabla 1).

Barrio	Actividad productiva	Animal emblemático
De arriba		
San Pedro	Comercialización de leña Agricultura	Tlacoache
Los Reyes	Comercialización de leña Agricultura	Gusanos de maguey
San Sebastián	Agricultura	Alacrán
Santa Cruz	Agricultura y fabricación de cuetes	Cacomixtle
Barrio	Actividad productiva	Animal emblemático
De abajo		
La Santísima Trinidad	Comercio y agricultura	Hormigas
San Miguel	Comercio y agricultura	Lagartijas
Santo Domingo	Comercio	Los sapos
San José		Hoja de maíz ¹

Tabla 1. División de los barrios del Municipio de Tepoztlán (Lomnitz, 1982).

Una de las características de este lugar son las formaciones rocosas que lo rodean, las cuales al estar en contacto con procesos de erosión de millones de años, han adquirido formas y características muy peculiares. Las características topográficas y su ubicación espacial han sido favorables para que en Tepoztlán se localicen una gran variedad de especies de flora y fauna: la primera se encuentra constituida principalmente por especies de bosques de pino, encino y selva baja caducifolia. Y la segunda principalmente por especies de: venados, armadillos, coyotes, tejones, conejos, víboras, ranas, lagartijas y una extensa variedad de insectos (H. Ayuntamiento Municipal, 2012). Estas características ambientales y topográficas brindan una serie de servicios ecosistémicos tales como: captación de humedad, regulación de la temperatura, incorporación de nutrientes al suelo, atracción de lluvias, captura de carbono, etc.; asimismo, mantienen una estrecha relación con especies de fauna para desarrollar los procesos de polinización, distribución de semillas en el bosque, regeneración del suelo, etc.

Un aspecto fundamental en la configuración socio espacial de Tepoztlán es la tenencia de la tierra, la cual ha existido desde la época colonial, la cual comprende dos regímenes de tenencia: el comunal y ejidal. Sin embargo a partir de 2007 se ha incorporado el régimen de propiedad privada, abarcando el 6.9% del total del municipio Censo Ejidal (INEGI, 2007a) y del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, (INEGI, 2007b).

Descripción metodológica

Con la finalidad de caracterizar el SSE de Tepoztlán, se desarrolló una metodología que integra diversos elementos en torno a sus características sociales y ecológicas en base a los tres principios de la resiliencia que son diversidad, conectividad y retroalimentación. En términos generales, la estructura metodológica integra tres elementos, el primero consistió en identificar la conformación histórica, social y cultural de Tepoztlán. El segundo fue la recopilación de información estadística de la población y, finalmente, el tercer aspecto se relaciona con la ocupación del suelo, la cual se obtuvo de una serie de procesos relacionados con la percepción remota.

El primer aspecto, se desarrolló a partir de trabajo de campo, observación participante y revisión bibliográfica que habla sobre los modos de vida de los tepoztecos. El segundo aspecto consistió en integrar información vectorial comprendida en la base de datos de ITER, desarrollada en 1990 por el INEGI y que muestra los resultados a nivel localidad a través de un conjunto de indicadores de población y vivienda.

Se consideró esta unidad de análisis pues, por un lado, permite hacer la diferenciación en términos poblacionales de una localidad urbana y una rural (más de 2,500 habitantes) y, por otro, esta unidad espacial está representada topológicamente por un punto, es decir, no cuenta con una delimitación espacial en términos de superficie, lo cual en lugar de ser una desventaja analítica, permite demostrar que la separación tajante entre lo que es rural y urbano resulta muy arbitrario. Finalmente, el tercer apartado consistió en integrar la información vectorial con información raster proveniente de una imagen satelital SPOT 5 con fecha de mayo de 2012. Actualmente este tipo de sensores satelitales maneja una resolución de 10 m, lo que permite identificar, a través de técnicas de clasificaciones supervisadas, las diversas formas y ocupaciones del territorio.

En términos generales esta propuesta metodológica propone la integración de diferentes fuentes de información y el resultado permite integrar una serie de elementos sociales y ambientales para caracterizar, de manera más integral, un SSE. En la siguiente sección se muestran los resultados de esta metodología, en base a los tres principios de la resiliencia en los que está basado este documento, los cuales permitirán identificar y analizar la configuración y estructura del SSE de Tepoztlán.

Caracterización de los elementos del socioecosistema

En esta sección se describen los resultados obtenidos tomando en consideración los tres componentes mencionados de la resiliencia y se hace una breve descripción de las características de cada uno de ellos, tomando como referencia las características territoriales de Tepoztlán.

Diversidad

A manera de contexto, la diversidad es uno de los componentes más considerados dentro de los SSE, pues la evidencia sugiere que los sistemas con una gran diversidad de componentes diferentes son generalmente más resilientes; estos componentes pueden ser: especies de flora y fauna, tipos de paisaje, actores, organizaciones o grupos culturales, sociales y ecológicos (Ostrom, 2005).

Este concepto se ha utilizado en diversos ámbitos, siendo Stirling, (2007), el que ofrece un marco útil para comprender la diversidad, pues identifica tres aspectos que están interrelacionados con la diversidad: la variedad (cuántos elementos son diferentes), el equilibrio (cuántos representantes existen de cada elemento) y la disparidad (qué tan diferente es un elemento de otro); en conjunto estos tres aspectos permiten identificar el nivel de diversidad que existe en un sistema. Dependiendo de los elementos que se consideran existen diferentes tipos de diversidad, por ejemplo: la funcional, la de vida y la de respuesta (Elmqvist, *et al.*, 2003).

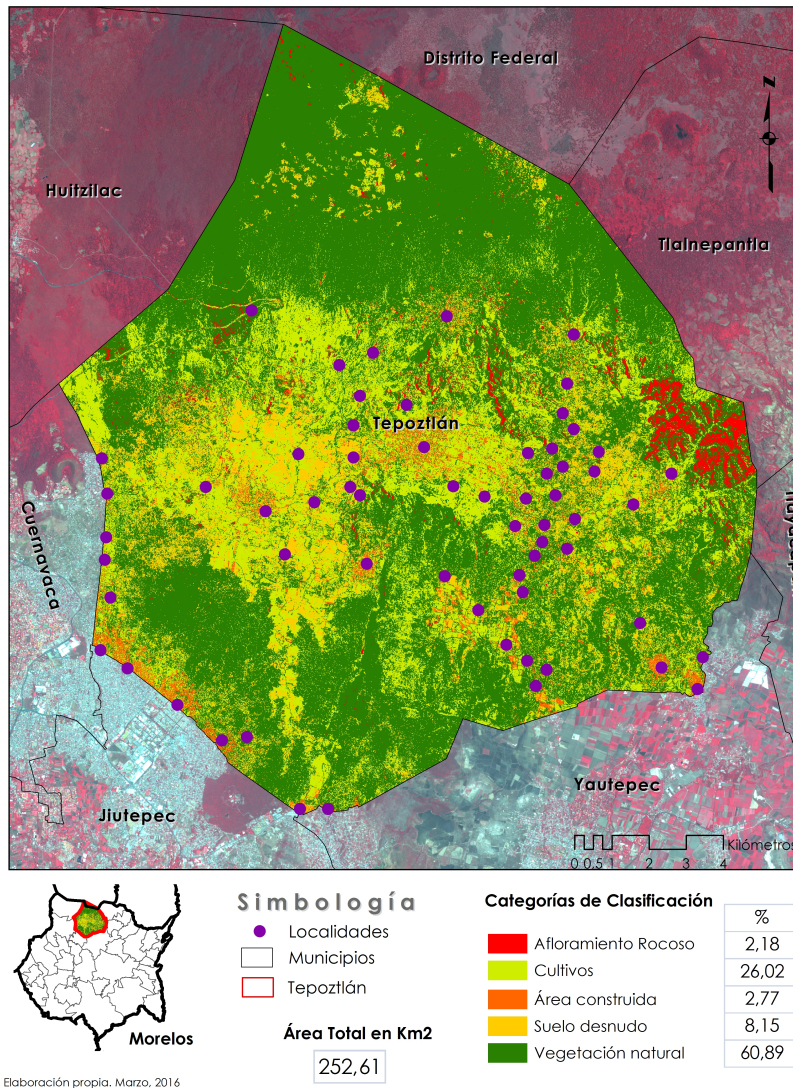
Otro concepto relacionado con la diversidad es la redundancia, determinada por el número de elementos que realizan una función particular de manera similar, que garantiza el funcionamiento del sistema, permitiendo que alguno de sus elementos compense la pérdida o el fracaso de los demás (Kotschy, *et al.*, 2015). En este contexto, la diversidad, en combinación con la redundancia, son componentes básicos para el mantenimiento de los SSE. Una vez analizados estos conceptos, se retoma el concepto de diversidad para ejemplificar el caso de Tepoztlán, esto se hace a partir de dos ejes, el primero se relaciona con las diferentes formas de ocupación del territorio, que al interactuar muestra la dinámica espacial y el segundo se enfoca en los actores que participan en la estructura y conformación social del pueblo.

De acuerdo con la clasificación supervisada de la imagen de satélite, se identificaron seis categorías para el uso de suelo de Tepoztlán, entre las que se encuentran: 1) vegetación natural; 2) suelo desnudo; 3) afloramiento rocoso; 4) cultivos sembrados; 5) cultivos no sembrados y 6) área construida (Mapa 2). Las proporciones del uso de suelo para el SSE de Tepoztlán son:

- 1) Vegetación natural: El municipio Tepoztlán cuenta con una superficie del 60.8% de vegetación natural, categoría que representa una superficie de 153.80 km², siendo éste el porcentaje más alto dentro del municipio. En esta categoría no se realizó una diferenciación entre los diversos tipos de vegetación, ni de la calidad de la vegetación, es decir, se contabilizó únicamente la infraestructura verde natural.
- 2) Cultivos: Existe un 26% de zonas en donde se realizan cultivos, dato que representa una superficie de 65.72km², los cuales, de acuerdo con información de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable, estos cultivos son principalmente de maíz, jitomate, avena, sorgo, ciruela, frijol, aguacate, agave y tomate verde (Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, 2002).
- 3) Área construida: Esta categoría se refiere a las zonas o áreas que presentan construcciones e infraestructura únicamente de tipo

habitacional. El resultado que se obtuvo fue de 2.7% de área construida, dato que constituye una superficie de 6.99 km².

- 4) Afloramiento rocoso: debido a sus características biogeofísicas, el terreno cuenta con un 2.18% de afloramiento rocoso, porcentaje que representa una superficie de 5.49 km², los cuales, para referencia del lector, son los cerros del Tepozteco, Chalchi y Meztila, entre otros.
- 5) Suelo desnudo: Los datos de suelo desnudo son en su mayoría suelos erosionados, infraestructura carretera y el reflejo de algunos invernaderos que se encuentran en la zona de cultivos que, dentro del municipio ocuparon un 8%, proporción que representa una superficie de 2.05 km²



Mapa 2. Caracterización del espacio rural del municipio de Tepoztlán.
Elaboración propia con base en la clasificación de la imagen SPOT, 2013

Respecto al segundo eje que tiene que ver con las características de la población y la diversidad de actores que convergen en este SSE, tenemos que Tepoztlán cuenta con una superficie de 252,614 km² y una densidad poblacional de 165 habitantes por km² (INEGI, 2010). De acuerdo con datos del Censo de población y vivienda 2010, cuenta con una población de 41,639 habitantes, de los cuales, el 52.48% (21,856 habitantes) es considerado población urbana, por tener más de 2,500 habitantes en sus localidades y, el 47.51% (19,783 habitantes), rural. La incorporación del análisis de la escala y la representación espacial permitió observar, de manera gráfica, los vínculos existentes entre el uso del territorio y las características biofísicas de la superficie terrestre, proporcionando una imagen real y visible de la cobertura del territorio y de las diversas formas de ocupación del suelo.

Esta relación con la vida rural ha influido en la conformación y apropiación del espacio en términos de la ocupación de suelo por parte de sus actores, pues éstos han mantenido una estrecha vinculación entre la vida social de sus habitantes con la naturaleza, entendiendo a esta última, no sólo como un recurso natural, sino como algo vivo, lo cual es expresado por sus habitantes mediante ritos, fiestas y ceremonias religiosas (Corona y Pérez, 1999: 39).

En un primer nivel podemos caracterizar a los actores de Tepoztlán por el lugar de nacimiento; para ello existen dos categorías que hacen la diferencia: la primera consiste en los nacidos originalmente en Tepoztlán, quienes reciben el nombre de Tepoztecos; la otra categoría se consolidó a partir de la llegada masiva de visitantes nacionales y extranjeros, la cual se dio a partir de la década de los 70, a quienes los habitantes nativos denominaron Tepoztizos (Lomnitz, 1992).

En un segundo nivel existen aquellos actores que se relacionan con aspectos de gobernanza, entre los que participan miembros de la sociedad civil, principalmente Tepoztecos, autoridades del gobierno municipal, miembros del Comisariado Ejidal, Organizaciones Civiles como el CUT (Comité de la Unidad Tepozteca) y el Frente Juvenil en Defensa de Tepoztlán, la Unión de Comerciantes Independientes en Pequeño A.C., ONGs en Defensa de los Recursos Naturales y autoridades del Parque Nacional el Tepozteco.

Esta diversidad entre actores parece constituir en Tepoztlán un nuevo punto de articulación entre la dimensión rural y urbana (Cruz, 2001), pues contribuye a fomentar la capacidad de recuperación del SSE Tepozteco, pues cada uno de los actores tiene una perspectiva sobre las diferentes partes del sistema en el que habitan y, esto, evidentemente, mejora la capacidad de la comunidad para detectar y entender los problemas ecológicos sociales y culturales a los que se enfrenta (Corona y Pérez, 1999).

Conectividad

Como se ha mencionado en secciones anteriores, los servicios ecosistémicos se encuentran interactuando dentro de los componentes sociales y ecológicos que interactúan a través de múltiples escalas espaciales y temporales. En este sentido, la conectividad es una de las características de los SSE que analiza cómo la interacción entre los componentes que integran el

sistema, influyen en la capacidad de recuperación de SSE y, en consecuencia, lo hacen más resiliente.

En esta sección analizaremos la conectividad como otro de los componentes de un SSE, haciendo referencia a la forma en que las partes de un sistema con características similares (tales como especies, paisaje, personas, organizaciones, etc.) interactúan entre sí a través del intercambio de información, materia y energía (Dakos, *et al.*, 2015). De hecho el efecto más destacado de la conectividad está reflejado en la capacidad de recuperación del sistema, manteniendo así la calidad de los Servicios Ecosistémicos; de manera contraria, los efectos negativos están en torno a dos situaciones: por un lado, la conectividad reducida crea una serie de huecos y fragmentaciones dentro del sistema y, por otro, una conectividad excesiva puede hacer vulnerable al sistema, pues la dispersión de disturbios es más rápida (Bodin y Prell, 2011).

En torno al caso de estudio, la conectividad se analiza en dos sentidos: la primera se refiere a la conectividad al interior, considerando la cohesión social como una forma de reforzar la identidad y los imaginarios tepoztecos en torno su relación con el medio natural que los rodea. La segunda, es la conectividad al exterior, considerando una serie de elementos económicos, políticos, migratorios, sociales y de ocupación del suelo, que interactúan para configurar la conectividad en el SSE de Tepoztlán.

La conectividad al interior, está muy consolidada gracias a la interacción entre los elementos ecológicos, sociales y culturales de Tepoztlán, lo cual se refleja en el sentido de pertenencia e identidad de los Tepoztecos que, si bien integra un reconocimiento por su territorio en términos espaciales y una conformación socio – territorial por parte de sus habitantes, el reconocimiento va más hacia el terreno de lo intangible, de lo sacro y de la tradición oral. Es decir, la interacción entre sus elementos ha permitido la consolidación de una estructura conformada por sitios considerados como sagrados y que marcan de manera simbólica el espacio donde se llevan a cabo rituales diversos, la mayoría de ellos asociados al beneficio de los elementos de la naturaleza para el desarrollo de actividades como la agricultura de temporal, o a las prácticas tradicionales relacionadas con la salud (Aguilera, *et al.*, 2012). Una muestra de esto es la presencia de diversos movimientos civiles enmarcados en la lucha por la tierra y protección de sus recursos naturales, además de ser considerado uno de los municipios más ricos en cuestión de cultura y tradición dentro del Estado de Morelos (Hernández, 2002).

En este trabajo, la conectividad al exterior se relaciona con una serie de factores que se relacionan con: el incremento en el transporte y las vías de comunicación, la proliferación de fraccionamientos, casas de vacaciones o de fines de semana desde finales de los años 80, la movilidad de los habitantes, el empleo, la ocupación de suelo, el incremento de actividades turísticas impulsadas por la introducción del Programa Federal de Pueblos Mágicos, etc. Provocando así, no sólo cambios en el paisaje y un flujo constante de habitantes provenientes de otros lugares, sino además una reestructuración de actividades por parte de los habitantes hacia las nuevas dinámicas de su espacio.

Aunque tradicionalmente este lugar se concibe como un pueblo con actividades ligadas al campo, la integración de actividades ligadas al autoconsumo, la compraventa de productos, la

migración temporal y, en menor grado, a la agricultura, han transformado el patrón de actividades así como la organización de sus espacios, manteniendo algunas actividades tradicionales pero llevado a cabo otras que se relacionan directamente con el proceso de urbanización (Rosas, 1997; Martín, 2005). Si bien en Tepoztlán aún podemos identificar modos de vida relacionados al campo con actividades agrícolas, la comunidad se ha convertido hoy en prestadora de servicios relacionados con el turismo, lo cual podría producir beneficios por los empleos e ingresos generados. Un ejemplo de esto es el número de personas ocupadas predominantemente en actividades terciarias, con la finalidad de atender las necesidades de los turistas: comercio, restaurantes, hoteles, transporte y servicios personales, debido a la preferencia y el uso masivo del territorio estatal como área de descanso (H. Ayuntamiento Constitucional de Tepoztlán, Morelos, 2001).

En Tepoztlán podemos identificar que el turismo se ha especializado principalmente en actividades relacionadas con el turismo de salud, el esoterismo y los recorridos de los visitantes por el Tepozteco, lo cual es un reflejo de la vinculación que tienen los habitantes hacia su patrimonio natural (Bohensky y Maru, 2011). Esta nueva construcción del "tejido social" presente en Tepoztlán, consiste en flujos de redes unidas por diferentes tipos de relaciones sociales (familiares, de negocios, de amistad, de empleo, de cliente - patrón, etc.), y que transmiten diferentes combinaciones en los tres productos básicos de los SSE (materia, energía e información), creando así una nueva manera de interactuar entre las ciudades, a través de sus relaciones sociales, culturales, ecológicas y tecnológicas (Swyngedouw, 1996).

Por ello, es necesario integrar en la planificación y gestión urbana de las ciudades, el análisis de la interacción entre sus diferentes componentes, a través de diversas escalas (temporales y espaciales), pues esto nos da una idea del nivel de recuperación ante perturbaciones del SSE. Además, es preciso considerar las nuevas formas de conectividad las cuales se representan a través de las nuevas tecnologías y el acceso a las redes sociales.

En síntesis, se observó que la conectividad al interior de Tepoztlán está muy fortalecida a través de múltiples representaciones de los habitantes hacia su territorio, sin embargo, es importante cuidar el exceso de conectividad al exterior, pues la influencia de componentes puede impactar la estabilidad de este SSE.

Retroalimentación y variables lentas

El último componente que se analiza en este documento como parte de la estructura y auto-organización de los SSE, es la retroalimentación y las variables lentas. Como se mencionó anteriormente, la interacción y la diversidad en los elementos que integran el SSE, intervienen de manera directa en la configuración y estructura de servicios ecosistémicos, generando diferencias en la provisión de servicios ecológicos, sociales y culturales. Dentro de esta estructura, existen variables lentas que sostienen y dan control a la configuración del SSE, aspecto central para mantener la capacidad de recuperación del propio sistema.

En este sentido, se define como variable lenta a aquellos componentes del sistema que cambian e interactúan en un rango de escala de tiempo de manera mucho más gradual que otros

componentes (Biggs *et al.*, 2015). En términos generales, las variables lentas determinan la estructura y configuración del SSE, mientras que la dinámica del sistema es llevado por la interacción y retroalimentación entre las variables rápidas que responden a la condiciones creadas por las variables lentas (Holling, 2001).

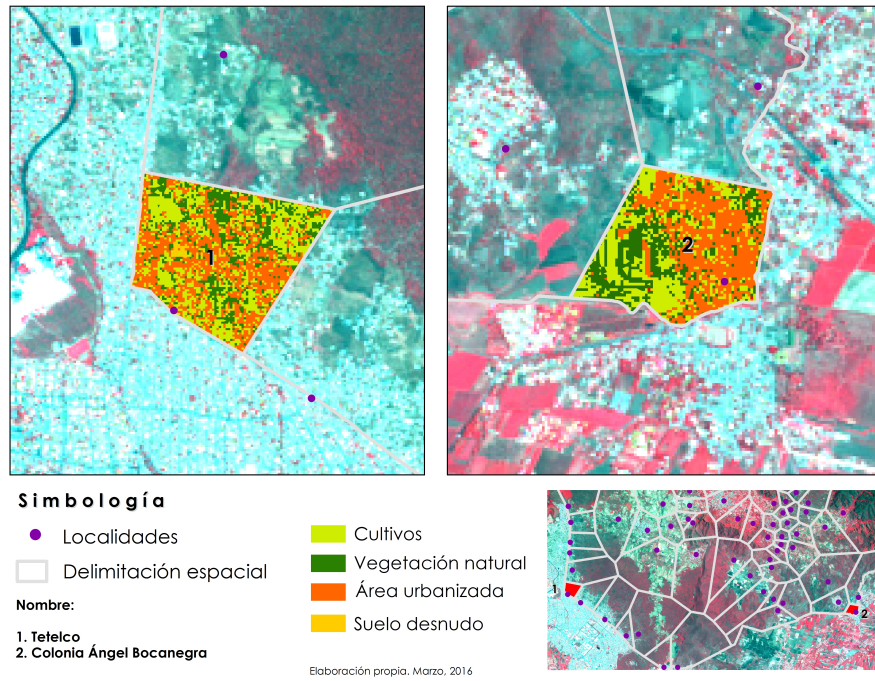
Una vez definido este concepto y retomando el SSE de Tepoztlán, se considera como variable lenta el cambio de uso de suelo y la manera en que ha impactado a los componentes ecológicos y sociales en Tepoztlán. Las variables sociales que han influido en el cambio de uso de suelo son, principalmente: la pérdida de las actividades agrícolas, la liberación de tierras ejidales por la modificación del artículo 27 en 1992, la creciente urbanización como influencia de la cercanía de las zonas metropolitanas como el Valle de México y Cuernavaca, principalmente, así como el desarrollo de segundas residencias a consecuencia del incremento del turismo en Tepoztlán, el conflicto entre el gobierno local y la sociedad civil por la construcción del campo de golf en 1995 y, más recientemente, el conflicto por la ampliación de la carretera Cuautla – Tepoztlán.

Evidentemente el cambio de uso de suelo en este SSE, ha sido gradual y la interacción de los procesos mencionados anteriormente ha favorecido una serie de impactos ecológicos, sociales y culturales que se reflejan en: cambios en el paisaje, pérdida de infraestructura verde, pérdida de actividades agrícolas e impacto en las relaciones y en la economía de las sociedades locales de Tepoztlán, pues la llegada de habitantes a su segunda residencia y el crecimiento urbano, han implicado una serie de cambios en la estructura física ambiental y social de Tepoztlán, además del incremento en la demanda de servicios que se generan (Hiernaux, 2000).

Para mostrar el problema de la separación analítica y metodológica de un espacio rural, se expone el caso de dos localidades que se encuentran dentro del polígono administrativo del municipio de Tepoztlán y que, por el número de habitantes que lo integran, es considerado como localidad rural. Al integrar las diferentes fuentes de información descritas en la metodología, podemos identificar la dinámica de estas localidades y la fuerte presión que recibe por su cercanía a las Zonas Metropolitanas de Yautepec y Cuernavaca.

En el Mapa 3, se puede observar la localidad llamada Tetenco localizada en el límite entre Tepoztlán y Yautepec, el otro caso es la localidad Colonia Ángel Bocanegra, la cual se encuentra en el límite entre Tepoztlán y Cuernavaca. Ambas localidades están integradas en un 40% de área construida y un 20% de superficie vegetal, lo cual evidentemente no se consideraría un espacio rural, ni por sus características de uso de suelo, ni por el desarrollo de sus actividades.

El cambio de uso de suelo es más evidente en estas localidades en donde la influencia de la urbanización acelerada que viven los municipios aledaños ha repercutido a través del tiempo para que estos espacios sean cada vez más urbanos.



Mapa 3. Ubicación espacial de las localidades con mayor porcentaje de área construida

Existen otros espacios dentro de Tepoztlán (principalmente cerca de la cabecera municipal), en donde se ve claramente los cambios de uso de suelo; en zonas ejidales donde se desarrollaba la actividad agrícola, actualmente son casas de segunda residencia y fraccionamientos.

El cambio de uso de suelo, como variable lenta, nos habla de la dinámica en dos sentidos: al interior de un SSE, pues permite comprender la estructura y dinámica de los elementos sociales y ambientales que interactúan en el territorio y al exterior, pues es posible identificar como este SSE es proveedor de servicios ecosistémicos y además se ha resistido a la presión y crecimiento urbano de las Zonas Metropolitanas que lo rodean. Así pues, identificar el funcionamiento y la interacción entre variables lentas y rápidas permitirá fomentar acciones que garanticen la estabilidad del sistema.

Conclusiones

El estudio del espacio rural y urbano es un tema complejo que requiere nuevos planteamientos analíticos y metodológicos que integren el conocimiento desde diferentes perspectivas y disciplinas. La visión de los SSE es una propuesta teoría que presenta una alternativa para analizar, de manera integral y holística, sistemas altamente complejos y adaptativos, como es el caso de las relaciones campo – ciudad (Godschalk, 2003).

Tradicionalmente se ha hecho un esfuerzo teórico–metodológico para diferenciar y delimitar espacios rurales y urbanos, prueba de ello es la gran cantidad de definiciones teóricas e indicadores que abordan el tema, en donde la forma de ocupación, la cantidad de recursos naturales, el desarrollo de cierto tipo de actividades y delimitaciones político–administrativos, como es el caso de las entidades federativas, municipios, Áreas Geo Estadísticas Básicas (AGEBS) y localidades, son lo que distingue un espacio rural de uno urbano. Sin embargo, es importante reconocer al SSE como una unidad de análisis que comprende espacios rurales y urbanos, en donde, al interior, coexisten una serie de servicios ecosistémicos que no sólo se desarrollan a partir de las relaciones económicas y sociales, sino que ofrecen una gran cantidad de servicios ambientales de provisión, de regulación y culturales que generan salud y bienestar a la sociedad.

Por ello, la interacción de estos Servicios Ecosistémicos desempeñan un papel crucial en la determinación de las trayectorias socio–ecológicas (Mat, *et al.*, 2016). Por ejemplo, los patrones espaciales de la expansión urbana, la agricultura extensiva, el uso de tierra y la pérdida de cobertura vegetal, tiene implicaciones directas en el consumo de energía, las emisiones de carbono, la capacidad de infiltración del agua al subsuelo, etc. Tienen impacto en zonas rurales y urbanas, pues forman parte del mismo SSE (Mat, *et al.*, 2016). Estas interacciones son parte de un proceso dinámico que funciona a través del tiempo y del espacio, las cuales se han visto irrumpidas por los patrones de urbanización y por una serie de procesos relacionados con la dinámica de la sociedad (Ostrom, 2009).

Sin embargo, hay mucho que hacer en términos de investigación, pues a pesar de la gran cantidad de literatura que existe sobre la dimensión social de los ecosistemas, el manejo integral de los recursos naturales, la gestión ambiental, la conservación y el manejo de los recursos naturales, se han realizado pocos esfuerzos por integrar la dimensión social y ecológica en los estudios sobre el territorio, generando un problema en la toma de decisiones, pues muchos de estos estudios conducen a conclusiones limitadas (Folke, 2006).

La integración de diversas fuentes de datos espaciales permitió identificar dinámicas sociales y ambientales plasmadas en el territorio, por ello es necesario reconocer las dimensiones multiescalares y multitemporales de los SSE, pues sus interacciones con otros elementos del sistema se extienden más allá de los límites administrativos de alguna ciudad en específico. El estudio de caso de Tepoztlán, es un claro ejemplo de la necesidad de incorporar una visión más holística en donde se integren las dinámicas espaciales al interior y al exterior del SSE, pues evidentemente la ubicación de tres zonas metropolitanas y su crecimiento acelerado están ejerciendo una presión constante a la gran cantidad de servicios ecosistémicos que se ofrecen en Tepoztlán.

Por ello, analizar las dinámicas del SSE bajo los tres principios de la resiliencia resultó muy útil, pues permite identificar procesos y dinámicas ambientales en Tepoztlán, toda vez que al estar integrado en un 60.8% de vegetación natural, la diversidad de servicios ecosistémicos que brindan es muy amplia, no sólo en términos de provisión y regulación de servicios ambientales, sino además su estructura natural representada por sus cerros le brinda protección a este SSE, lo cual ha generado un sentido una gran diversidad de actores con un amplio sentido de pertenencia y apropiación con el medio natural y cultural de Tepoztlán.

El tema de la conectividad al interior de este SSE está muy consolidada, sin embargo, la conectividad al exterior es muy dinámica debido al flujo constante de visitantes y de los propios habitantes hacia las zonas metropolitanas cercanas por asuntos laborales. Esto evidentemente repercute en la conectividad de los servicios ecosistémicos al exterior, porque existen discontinuidades espaciales en términos de su producción y consumo. Finalmente, las variables lentas enfocadas al cambio de uso de suelo, han favorecido una serie de impactos ecológicos, sociales y culturales que se ven reflejados en cambios en el paisaje y en la pérdida de cobertura verde, debido al crecimiento urbano y a la demanda de servicios ecosistémicos que se generan.

Sin embargo, una de las características más interesantes de este lugar, es la interrelación que existe por parte de los habitantes de este SSE con el medio natural pues, a pesar de todas estas presiones a las que se encuentra sometido por su alta diversidad, conectividad y procesos de cambio de uso de suelo como variables lentas, en Tepoztlán existe un tejido social muy sólido que ha permitido resistir esas presiones tratando de conservar sus espacios naturales y sus tradiciones. No obstante, es urgente un cambio de visión en términos analíticos y metodológicos que sea más integradora sobre el análisis de los elementos de un SSE, el cual permitirá plantear soluciones más innovadoras y holísticas que se inserten en políticas públicas para el beneficio de la sociedad y del medio ambiente.

Referencias

Aguilera, A. *et al.*, (2012). Identidad, Territorio y Control Social en el Pueblo de Tepoztlán. *Revista de Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales*, III, p. 32. Disponible en: <http://148.228.173.140/topofiliaNew/assets/tres2diezav.pdf> [Consultado e 15 de Marzo de 2016].

Berkes, F. y Folke, C., (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En Cambridge University Press, ed. *Linking social and ecological systems: management practice and social mechanisms for building resilience*. Nueva York, pp. 1–26.

Von Bertalanffy, L., (1976). *Teoría General de los Sistemas*, México: Teoría General de los Sistemas. Editorial Fondo de Cultura Económica.

Biggs R., *et al.*, (2015). Principle 3 Manage slow variables and feedbacks. En R. Biggs, M. Schlüter, y M. Shoon, eds. *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona, p. 283.

Capel, H., (1975a). “La definición de lo urbano.” *Estudios Geográficos*, (138–139), pp. 265–301. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sv-33.htm> [Consultado el 27 de enero de 2016].

---, (1975b). La definición de lo urbano. <http://www.ub.edu/geocrit/sv-33.htm>, (138–139), pp.265–301.

CONAPO, (2012). Catálogo Sistema Urbano Nacional 2012 | Consejo Nacional de Población CONAPO, Disponible en: http://conapo.gob.mx/es/CONAPO/Partes_I_a_V_-_Catalogo_Sistema_Urbano_Nacional_2012 [Consultado el 25 de febrero de 2016].

Corona, Y. y Pérez, C., (1999). Tradición y modernidad en Tepoztlán: historias y leyendas de un pueblo en resistencia Universidad Autonoma Metropolitana - Xochimilco, CSH, Depto. de Educación y Comunicación, México, D.F.

Cruz, M., (2001). Propiedad, Poblamiento y Periferia Rural en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 17(1), pp.179–206.

Dakos, V., *et al.*, (2015). Principle 2 Manage connectivity. En R. Biggs M. Schlüter, y M. Shoon, eds. *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona, p. 283.

Elmqvist, T., *et al.*, (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. , 1(9). Disponible en: <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1540-9295%282003%29001%5B0488%3ARDECAR%5D2.0.CO%3B2> [Consultado el 24 de junio de 2016].

Folke, C., (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), pp.253–267.

Godschalk, D.R., (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazards Review*, 4(3), pp.136–143. Disponible en: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291527-6988%282003%294%3A3%28136%29> [Consultado el 21 de abril de 2016].

De Grammont, H., (2004). La nueva ruralidad en América Latina. *Revista Mexicana de Sociología*, (66), pp. 279–300.

H. Ayuntamiento Constitucional de Tepoztlán, Morelos, (2001). Plan de desarrollo municipal 2000 – 2003, Tepoztlán, Morelos.

H. Ayuntamiento Municipal, (2012). Plan Municipal de Desarrollo del Municipio de Taxco de Alarcón 2012 - 2015.

Harvey, D., (1996). *Justice, nature, and the geography of difference*, Blackwell Publishers.

Hernández, A., (2002). *Breve Historia de Morelos*, El Colegio de México. México.

Hiernaux Nicolás, D., (2000). Las nuevas formas urbanas y reestructuración del mundo rural. *Procesos metropolitanos y agricultura urbana*, pp.31–41.

Holland, J.H., (1992). *Complex Adaptive Systems*. Daedalus; Winter Research Library pg, 121(1).

Holling, C.S., (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), pp. 390–405. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10021-001-0101-5> [Consultado el 21 de abril de 2016].

INEGI, (2007a). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal,

---, (2007b). Censo Ejidal, México.

---, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010. Censo de Población y Vivienda, México.

Janssen, M.A. y Ostrom, E., (2006). Chapter 30 Governing Social-Ecological Systems. *Handbook of Computational Economics*, 2, pp. 1465–1509.

Javier, M. y Sastoque, M., (2005). Contradicción, Complementariedad e Hibridación en las Relaciones entre lo Rural y lo Urbano. *Revista Mad*. No, 13. Disponible en: <http://www.revistamad.uchile.cl/13/paper02.pdf> [Consultado el 8 de Marzo de 2016].

Kotschy, K., *et al.*, (2015). Principle 1 Maintain diversity and redundancy. En R. Bigg, M. Schlüter, y M. Shoon, eds. *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona, p. 283.

Larousse, (2007). *Diccionario Manual de la Lengua Española*.

Levin, S.A., (1998). Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems. *Ecosystems*, 1(5), pp.4 31–436. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s100219900037> [Consultado el 22 de abril de 2016].

Lomnitz, C., (1992). *Exits from the Labyrinth. Culture and Ideology in the Mexican National Space*, Oxford, England: University of California Press.

Martin, J., (2005). *Tepoztlán and the Transformation of the Mexican State: The Politics of Loose Connections*, University of Arizona Press. Tucson.

Mat, N., *et al.*, (2016). Socio-ecological transitions toward low-carbon port cities: trends, changes and adaptation processes in Asia and Europe. *Journal of Cleaner Production*, 114, pp. 362–375. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615004266> [Consultado el 22 de abril de 2016].

McPhearson, T., *et al.*, (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, 12, pp. 152–156. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212041614000837> [Consultado el 16 de abril de 2016].

Ostrom, E., (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325, pp.419–422. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/content/325/5939/419.full.html> [Consultado el 12 de abril de 2016].

---, (2005). Understanding the Diversity of Structured Human Interactions. *Understanding Institutional Diversity*, pp. 3–31. Disponible en: <http://press.princeton.edu/chapters/s8085.pdf> [Consultado el 21 de abril de 2016].

Paniagua, A. y Hoggart, K., (2002). Lo rural, ¿hechos, discursos o representaciones? Una perspectiva geográfica de un debate clásico. *Globalización y Mundo Rural*, (803), pp. 61–71.

Resilience Alliance, (2010). *Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for practitioners*. Disponible en: <http://naturalresources.intersearch.com.au/naturalresourcesjspui/handle/1/8086> [Consultado el 9 de marzo de 2016].

Rodríguez, A. y Saborio, M., (2008). *Lo Rural es diverso: Evidencia para el caso de Costa Rica*. Disponible en: <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTG/C/DesRural/Publicaciones/DesarrolloRural/URBANO-RURAL.pdf>.

Rosas, M., (1997). *Tepoztlán: crónica de descatos y resistencia*, Era, México, D.F.

Sorokin y Zimmerman, (1929). *Principios de sociología rural y urbana*. H. Holt, (ed.), Nueva York.

Stirling, A., (2007). A General Framework for Analysing Diversity. *Royal Society Interfaces*, pp. 1–50. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/files/153/7372085.pdf> [Consultado el 21 de abril de 2016].

13. La implementación de parques
eólicos en el istmo Oaxaqueño: el
devenir de una problemática
socioecológica

Romana E. Zárate Santiago

Licenciatura en Hidrobiología

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa

Introducción

En los últimos años los problemas en el Sistema Socioecológico (SSE) del Istmo de Tehuantepec se han ido acrecentando, esta problemática es el resultado del desarrollo de megaproyectos eoloeléctricos de forma desmesurada. Es evidente que, ante las problemáticas socioambientales que forman ya parte de nuestro día a día, los SSE se vuelven más vulnerables a los desastres (Gunderson y Holling, *et al.*, 2002).

En este caso de estudio, los efectos desatados por la implementación desmedida de aerogeneradores repercuten tanto en el subsistema ecológico como en el social, sin embargo, el embate respecto al desarrollo eoloeléctrico ha tenido respuesta. La acción antes mencionada se ajusta cabalmente en el concepto de resiliencia, propuesto por Holling (1973), en el cual se refiere a una medida de persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber los cambios y alteraciones, además de seguir manteniendo las mismas relaciones entre las poblaciones o las variables. Sin duda, la propuesta de este concepto es un parteaguas para el análisis social y ecológico. Folke, *et al.*, (2005) citado por Norberg y Cumming, (2008), describen a un SSE, como la interacción entre factores biofísicos y sociales, con dominios emergentes, y con la capacidad de auto-organización. Esta capacidad de organización autónoma en el SSE del Istmo de Tehuantepec, está indiscutiblemente relacionada con elementos, como la diversidad, la conectividad y la retroalimentación.

Estos principios mencionados, forman parte estructural en la formación u obtención de resiliencia en un sistema. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, pese a que los SSE adoptan formas de respuesta ante problemáticas, los niveles de incertidumbre frente a ellas son cada vez mayores (Kasperson. *et al.*, 1995). Asimismo, en presencia de una nueva perturbación en el sistema, la capacidad de adaptación no resulta ser la misma que al principio, por lo tanto la presencia de fuerzas externas más pequeñas, pueden provocar cambios de régimen que, en muchos casos, pueden llegar a estados no deseados (Folke, *et al.*, 2004).

La disminución o pérdida de resiliencia está dada por la pérdida de elementos que conforman el andamiaje dinámico en el sistema. Holling (1986) cita ejemplos donde muestra que la conectividad controlada en un sistema -resultado de la gestión humana- disminuye la capacidad de respuesta a eventos inesperados; Peterson, *et al.*, (1998) mencionan que, la diversidad es un elemento prescindible en un sistema dinámico, por lo tanto la resiliencia ecológica es generada por la diversidad y la superposición de funciones; en este mismo contexto, Folke, *et al.*, (2004), reitera que la eliminación de especies o grupos funcionales de especies en los ecosistemas reducen o eliminan la resiliencia. Así pues, la respuesta positiva -en algunos casos- no resulta algo benévolo cuando las perturbaciones vuelven a aparecer en el SSE, por lo que resulta necesario una conformación de conocimientos previos y posteriores al manifiesto de resiliencia, esto con la finalidad de prevenir las tantas problemáticas que en la actualidad abruman y aturden la dinámica del SSE.

El presente capítulo, describe la senda que el SSE ha llevado a cabo a partir de la implementación de incontables aerogeneradores en el Istmo de Tehuantepec. En principio, se

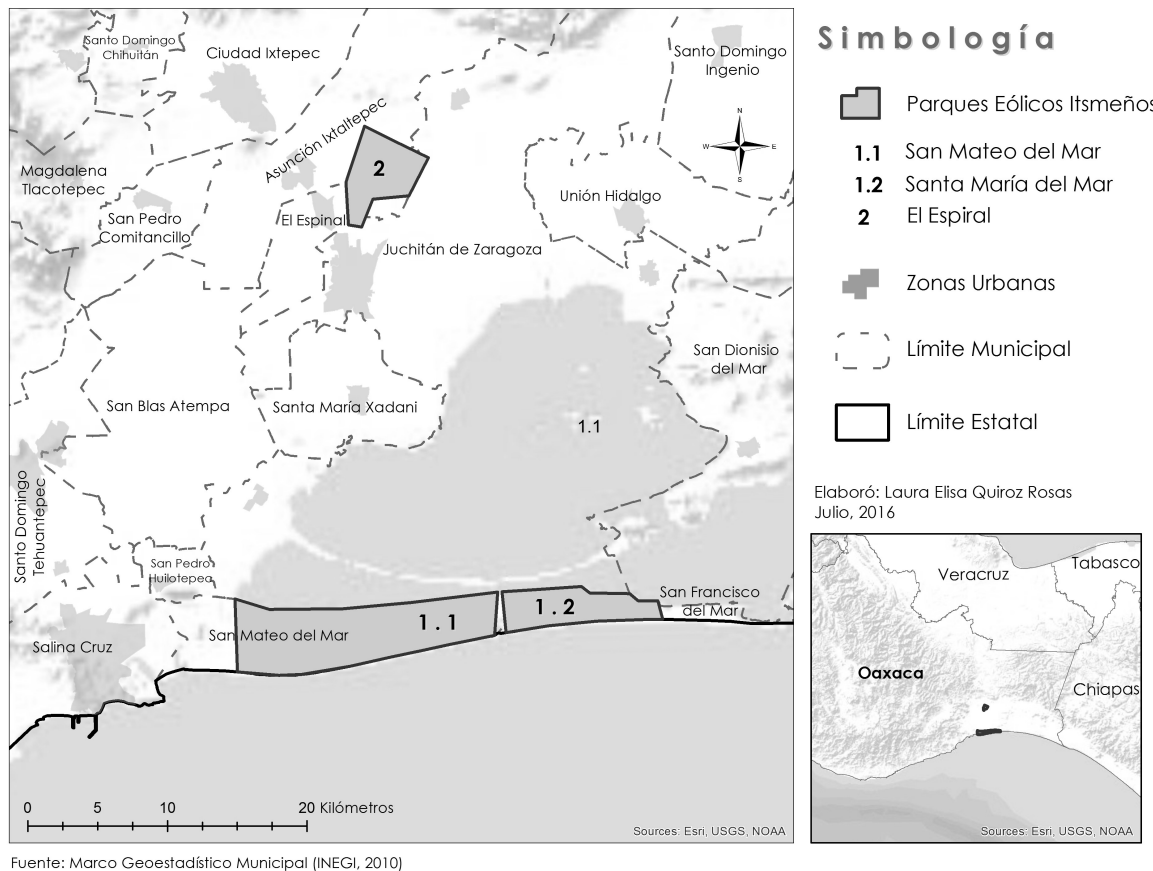
hace un recuento histórico del origen y los porqués de los parques eólicos en el istmo oaxaqueño; posteriormente, se mencionan de forma conjunta algunas de las causas que desencadenaron este conflicto socio-ambiental. Después se revisan los efectos en la conectividad del SSE, en esta sección se hace hincapié en algunas características biológicas que están en riesgo por la construcción excesiva de parques eólicos. Seguido a esto, se habla, de forma general, de la diversidad del SSE y se menciona la falta de valorización del sistema; también se exponen algunas de las características y efectos en la diversidad social, cultural y biológica de la región, en la parte socio-cultural se menciona a los actores involucrados que, en algunos casos, son pueblos indígenas.

El último principio que se aborda es el de la retroalimentación, en este apartado se habla del entrelazamiento de la información entre comunidades, se describen las formas en que distintas poblaciones comparten información y, consecuentemente, se enriquecen a partir de estas acciones. Por último, se hacen comentarios finales, en los cuales se explica el papel de los parques eólicos como modificadores del SSE, asimismo se describe la capacidad que posee el SSE para auto-organizarse y enfrentar las alteraciones, que, en este caso, sería la implementación del “Corredor Eólico del Istmo”.

Breve semblanza de la construcción de parques eólicos

La construcción de parques eólicos en el istmo oaxaqueño nos sitúa en 1994, año en el que iniciaron las actividades eoloeléctricas en el territorio mexicano. El sitio en donde se establecieron los primeros aerogeneradores fue en el ejido La Venta, conocido como “La Venta I”; este perteneciente al municipio de Juchitán de Zaragoza. En este proyecto sólo se implementaron siete aerogeneradores; el objetivo principal de esta central fue la obtención de información y, a partir de ella, evaluar el desempeño existente de los aerogeneradores en la región. La compañía encargada fue Vestas, una empresa danesa que actualmente fabrica exclusivamente turbinas de viento.

Del año 2000 al 2004, se llevaron a cabo coloquios internacionales cuyo propósito era la promoción de inversión extranjera en el Istmo de Tehuantepec. Dos años después dio comienzo a la construcción de “La Venta II”. Dicho proyecto se le adjudicó en licitación a las empresas españolas Iberdrola y Gamesa. Los proyectos se localizan en posiciones estratégicas que se muestran en el Mapa 1.



Mapa 1. Localización de los Parques Eólicos en el Istmo de Tehuantepec

Si bien, en los últimos años la energía eólica es la punta de lanza en el discurso verde que impera hoy en día, en el caso de istmo oaxaqueño, este tipo de energía solo ha sido parte de un engranaje que responde a los acuerdos internacionales firmados en pro del medioambiente. Estos pactos, en primera instancia, han sido deslumbradores, pues se establecieron con el estandarte de respeto al ambiente; paralelamente se mostró el verdadero deslumbramiento, siendo éste encandilador e ilusorio.

Toledo (2015) plantea la siguiente pregunta: ¿es viable el ecocapitalismo? Su respuesta es negativa y se basa en dos términos: el primero es la llamada “economía verde”, y, el segundo, el “lavado verde” o “Green washing”, según Toledo, ambas expresiones son usadas por las corporaciones y/o empresas para justificar o negar los efectos destructivos que sus actividades causan al sistema social y ecológico; así, pues, son sólo parte de una imagen que pretende defender sobre cualquier cosa sus intereses. Siguiendo esta misma perspectiva, el concepto de ecocapitalismo encaja justamente con el tema central del presente capítulo, que es el surgimiento de la problemática sistémica a partir del devenir eólico; asimismo la o las justificaciones a las que se refiere Toledo (2015), concuerdan, por ejemplo, con el hecho de que Grupo Bimbo, en sus campañas, expone que sus empaques son sustentables y que además los vehículos que emplean son híbridos, no obstante la energía eléctrica usada por estos proviene de parques eólicos que fueron impuestos de forma violenta despojando de su territorio a algunas comunidades zapotecas del istmo oaxaqueño, por consiguiente esto no es más que un “lavado” de imagen; por todo lo

anterior el concepto ecocapitalista y, por ende, las acciones y mecanismos que este desarrolla, no son más que una vertiente que lacera la dinámica sistémica, ya sea perjudicando al sistema ecológico o al sistema social. Pese a que este devenir eólico ha traído consigo una serie de problemáticas que en los últimos años han provocado un cambio en la dinámica del SSE, la capacidad de respuesta de este sistema –en algunos casos- ha actuado frente al embate eoloeléctrico, protegiendo así su patrimonio biocultural.

Métodos. Visualización de las causas del conflicto en el SSE

Ciertamente la construcción de parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec, ha dado como resultado un descontento y rechazo social; esto, ocasionado por irregularidades referentes a los proyectos. En un principio, la privación de la consulta a los pueblos y comunidades indígenas - como lo establece la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en su Convenio 169- no se llevó a cabo; desde el arranque de los proyectos eólicos; tampoco se le ha otorgado a las comunidades indígenas el derecho de participar en la toma de decisiones y mucho menos se ha recibido información respecto a los proyectos; además, en ciertos proyectos, existe imposición por parte de las empresas, y por si fuera poco, el cambio de uso del suelo ha cambiado en gran medida el modo de vida de los habitantes (abandono de la agricultura y ganadería, debido a la transformación que sufrió el territorio con el boom eólico) (Juárez-Hernández y León, 2014).

Respecto al acceso de información sobre los proyectos eólicos, las empresas se limitan a informar mencionando sólo algunos componentes técnicos, orientándose en lo referente a los pagos por el usufructo de las tierras (Nahmad, Nahó y Langlé, 2014). Así mismo, las empresas no mencionan información esencial, como el precio al que venderán la electricidad y los términos en que será distribuirá, limitando con ello las posibilidades de los dueños de las tierras de negociar una repartición más equitativa de las ganancias (Borja, Mimiaga y Jaramillo, 2005).

Actualmente en el país están operando treinta y un parques eólicos, de los cuales, veinticuatro están localizados en el Istmo de Tehuantepec. Cabe mencionar, que existen proyectos en fase de construcción, pues según la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) y la Global Wind Energy Council (GWEC), se espera que, entre 2020 y 2022, los mega watts aumenten de 2,551 MW a 15,000 MW (2014).

Los megaproyectos eólicos y la derivación de efectos en la conectividad del SSE

Dakos, *et al.*, (2015) se refieren a la conectividad como una estructura consistente con la que especies o actores sociales se dispersan, migran o interactúan a través de parches, de los hábitats o de los dominios sociales. La presencia de conectividad en un SSE pudiera asumirse como algo favorable, sin embargo, al presentarse en exceso este elemento puede propiciar un inconveniente,

pues al enfrentar algún tipo de problemática ésta desencadena con mayor rapidez las afectaciones en el sistema.

En este apartado se hará un análisis respecto a los efectos en la conectividad en el SSE del Istmo de Tehuantepec, para ejemplificar esta problemática específicamente nos enfocaremos en las características avifaunísticas de la región.

Como preámbulo para la explicación, resulta necesario subrayar que esta región forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). Por lo cual, este territorio está conformado por áreas, paisajes y zonas de conectividad, ya sean terrestres, costeras o marinas con alto valor de biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos en Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y República Dominicana (Álvarez-Icaza, 2013). Los estudios relacionados con los parques eólicos y, las consecuencias de los mismos respecto a la avifauna regional, aún no son vastos. Sin embargo en 2014, Villegas-Patracá y colaboradores realizaron un modelaje para conseguir información respecto a la existencia de algún patrón de evitación de aves en la zona donde se ubica el parque eólico La Venta II.

Este parque eólico se localiza peculiarmente en la ruta migratoria de aves provenientes del Golfo de México y del Pacífico, el número elevado de individuos registrados en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de esta central eoloeléctrica, indica que esta es la zona migratoria de aves más importante a escala mundial. Además, característicamente, en esta región se registraron durante un día un número estimado de 690,000 individuos, principalmente de tres especies migratorias (Instituto de Ecología, 2003). Conforme a los datos obtenidos en la MIA del Parque Eólico La Venta II, las especies registradas en la zona son, la aguililla negra mayor (*Buteogallus urubitinga*), aguililla cola blanca (*Buteo albicaudatus*) aguililla aura (*Buteo albonotatus*), el gavilán pico ganchudo (*Chondrohierax uncinatus*), el milano coliblanco (*Ictinea plúmbea*) y el milanocaracolero (*Rostrhamus sociabilis*); por lo anterior la BirdLife categorizó al Istmo de Tehuantepec como “Área Endémica de Aves del Mundo” (Stalttersfield *et al.*, 1998) siendo las especies endémicas, la *Hylorchilus navai*, *Aimophila sumichrasti* y *Passerina rositae*.

Conforme a lo anterior, claramente se identifica una conectividad en el sistema ecológico, ante lo cual resulta necesario hacer hincapié en los efectos resultantes a partir de la construcción de centrales eólicas. Existe información que apunta a que el devenir eólico puso y sigue poniendo en riesgo esta ruta migratoria. Por ejemplo Gorsselet (2011), menciona que algunas especies de aves vuelan entre 40 a 120 metros de altura, ante este hecho, existe una posibilidad alta de que las aves choquen contra los aerogeneradores, fragmentando el flujo migratorio de las mismas, e interrumpiendo así la conectividad ecológica. Bajo esta misma perspectiva la U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS), en 2013 mencionó, que la construcción de centrales eólicas en rutas migratorias es un riesgo significativo para que la mortandad de las aves sea exponencial, por ello, dicha agencia estableció requerimientos para la construcción de centrales, siendo uno de estos “no poner centrales eólicas en sitios donde hay rutas migratorias ni grandes concentraciones de aves”. Por su parte, Villegas-Patracá, *et al.*, (2014), en los resultados obtenidos a partir del modelaje estacional, muestran que existe un bajo riesgo para aves migratorias en el parque eólico La Venta II, no obstante, subrayan que son urgentes los estudios de impactos acumulativos

potenciales en los demás parques eólicos de la región, y además, se requieren estudios que incluyan los impactos acumulativos para el parque eólico la Venta II, pues su vida útil es de 20 años, con la posibilidad de extenderse.

Ante lo sugerido (Gorssselet, 2011; USFWS, 2013) y con los resultados obtenidos (Villegas-Patraca, *et al.*, 2014), es evidente la discrepancia que se percibe, sin embargo, esto resalta la importancia y la necesidad de implementar un principio precautorio, con el fin de evitar los impactos ya sean acumulativos, sinérgicos, directos o indirectos, así como para soslayar las probables incertidumbres que puedan presentarse.

Pese a que por un lado hay estudios que manifiestan la presencia de riesgo y, por otro, estudios que los contradicen, en el contexto de la dinámica socio-ecosistémica las perturbaciones externas están presentes, pues las alteraciones en la dinámica del sistema lo demuestran. Salas-Zapata, *et al.*, (2012), mencionan que el papel de la conectividad en la resiliencia del sistema está dada por un criterio cualitativo más que cuantitativo, o sea, que los efectos respecto a la conectividad son los que poseen alguna actividad vital en el SSE. Wendt, (1993); Meave del Castillo y Pérez-García, (1998) señalan que a lo largo de la historia la región ístmica de Oaxaca, ha tenido una labor vital como corredor biótico, lo que apunta a que, a través del istmo, ha habido flujo genético e intercambio de especies, proveniente de ambos lados de las vertientes oceánicas y de América Central.

A pesar de las distintas conjeturas que han resultado a partir de los estudios sobre los efectos en la avifauna (Villegas-Patraca, *et al.*, 2014; Gorssselet 2011), éstos sólo presentan información de centrales eólicas específicas. Sin embargo, más allá de que los resultados sean positivos o negativos, son importantísimos para la comprensión de que, específicamente en ese sitio, –Parque eólico La Venta II-, el comportamiento de las aves detona una tendencia resiliente; Birkmann (2006) plantea que la resiliencia es la capacidad de un sistema de mantener sus funciones y estructuras básicas en momentos de choques y perturbaciones. Partiendo de lo anterior el comportamiento de las aves se ajusta la descripción.

Si bien el comportamiento de las aves indica una tendencia a la resiliencia -en unos sitios-, es necesario realizar lineamientos enfocados en los impactos acumulativos, pues la mayoría de los proyectos eólicos en la región tienen una duración de 20 o 30 años, con la opción de ampliar el tiempo de duración. Ante esto, la capacidad adaptativa no será la misma que mostró el sistema ecológico al principio.

Ruelas (1996), menciona que las aves rapaces no son las únicas que conocen y recorren rutas migratorias en México, porque durante las temporadas de migración, diferentes rutas se ven transitadas por aves, insectos y otros animales.

Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, (2015) indican que la naturaleza sobredimensionada de los modernos sistemas de redes altamente interconectados permite que los golpes viajen con mayor rapidez, a través de ellos, con potenciales efectos desastrosos. A partir del apunte anterior, resulta indispensable priorizar el concepto de conectividad pero, tomando en cuenta que esta ruta migratoria incluye varias especies en su trayecto, es probable que exista una conexión

intrínseca y prominente entre las especies migratorias; por lo tanto, es prioritario tomar en cuenta que en sistemas sobreconectados las perturbaciones pueden esparcirse más rápidamente, y tienen un efecto negativo sobre la viabilidad de la población.

La diversidad en el SSE, ¿un aspecto desvalorizado?

La diversidad del SSE está conformada por componentes ecosistémicos y socio-culturales (Urquiza y Cárdenas, 2015), estos proporcionan opciones para responder a los cambios y a las perturbaciones, con la finalidad de enfrentar la incertidumbre y la sorpresa (Kotschy, *et al.*, 2015). La presencia de diversidad le da al SSE mayores opciones para hacer frente al problema, resultando así una mayor resistencia. Según Rappaport 1977; Urquiza, y Cárdenas, (2015), la disminución o pérdida de diversidad en un SSE puede partir de actividades uniformes, o sea, cuando un territorio se concentra en una sola actividad.

Respecto al istmo oaxaqueño, la construcción de parques eólicos ha sido exponencial. En los últimos cinco años el paisaje natural se ha visto intercambiado por aerogeneradores. Las actividades cotidianas sufrieron una metamorfosis, por ejemplo, el uso de territorio en donde se implementaron los parques eólicos, solían ser tierras con un uso agrícola. También se intercambió el uso ganadero, además se desarrollaron proyectos en zonas donde no había ningún tipo de actividad, cambiando así la cotidianidad de algunas comunidades.

Tompkins y Adger (2004) mencionan que las estrategias de respuesta deben ser lo suficientemente flexibles para poder adaptarse a los cambios y perturbaciones que el sistema enfrenta. Ante esto, es posible que la diversidad del SSE en la región del istmo oaxaqueño haya disminuido; además, si esta actividad llega a homogeneizarse dentro del territorio, es probable que, ante un –nuevo- problema en el SSE, la reacción de éste merme y sea inflexible al entorno ofrecido, provocando así la falta de adaptación, y por lo tanto pocas posibilidades de resiliencia. Algunas características y efectos de la diversidad socio-cultural en las zonas donde se localizan los aerogeneradores

Dentro de la región ístmica del estado de Oaxaca converge una multiculturalidad. Los grupos étnicos que habitan la región del Istmo son los zapotecos, huaves, mixes, chontales y zoques. La distribución en el territorio de estos grupos étnicos es cambiante, por ejemplo, los zapotecas se encuentran principalmente establecidos en la zona de la planicie; por su parte, los huaves, zoques y mixes están establecidos en la zona marítima, o montañosa. Algunas de las localidades que poseen parques eólicos en su territorio son: La Venta, La Ventosa, Juchitán, La Mata, Santo Domingo Ingenio, Unión Hidalgo, El Espinal, y Ciudad Ixtepec, entre otros. Mayoritariamente los terrenos donde se ubican estos parques eólicos eran de propiedad social (ejidal y comunal).

En el caso Ciudad Ixtepec, se ubica un parque eólico que corresponde a una expropiación por parte de la Secretaria de Defensa Nacional. Es importante mencionar que la energía generada en estos parques eólicos es enviada a través de líneas de transmisión a una subestación que está ubicada en el municipio de Ciudad Ixtepec. Esta subestación es la mayor de toda

Latinoamérica, pues cuenta con 42 hectáreas de extensión. La obtención de este territorio fue hecha a través de una expropiación por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE); su aprobación fue otorgada por la Asamblea General de Comuneros (as) y la CFE, sin embargo para su aprobación se acordaron beneficios comunitarios, los cuales no se llevaron a cabo. Precisamente en esta misma comunidad, se expropió otro terreno, ahora por la Secretaría de Defensa Nacional, con el único objetivo de abastecer la Base Aérea Militar N° 2 (Zárate, 2015).

Están considerablemente descritos trabajos referentes a la oposición de la construcción de parques eólicos; por ejemplo, en Francia (Nadaï, 2007), en Portugal (Delicado et. al. 2013), Holanda (Breukers & Wolsink, 2007; Wolsink, 2007), y Grecia (Kaldellis, 2005). En el caso del Istmo de Tehuantepec, algunos trabajos (Nahmad *et al.*, 2014; Flores M. 2015; Zárate, A., 2015) relatan el descontento de algunas comunidades hacia la construcción masiva de centrales eólicas, el rechazo de algunas de estas es, por el despojo del territorio, la raquílica paga de arrendamiento, o el encubrimiento de información, principalmente. Ante esto, es evidente la exclusión de los componentes del SSE.

Desde la perspectiva del componente social, sólo se llevó a cabo una consulta pública, –con muchísimas irregularidades y quejas- a pesar de que actualmente hay un aproximado de 21 parques eólicos, asimismo, los estudios ambientales por parte de los responsables de las empresas impulsoras de energía eólica, no justificaron sólidamente las actividades de construcción y, por ende, no se realizó un correcto plan de manejo social y ambiental; cabe mencionar que se han llevado a cabo investigaciones por especialistas de varios ámbitos, sin embargo, estas no han sido consideradas para la toma de decisiones. En materia económica, las comunidades que habitan las zonas de ubicación de parques eólicos, no han sido beneficiadas, y el arrendamiento –en algunos casos obligado- no es bien retribuido.

En respuesta a esta problemática en el SSE, en los últimos años surgieron varias organizaciones, entre ellas está la Asamblea de los Pueblos Indígenas del Istmo de Tehuantepec en Defensa de la Tierra y el Territorio (APIITDIT), la Asamblea Popular del Pueblo Juchiteco (APPJ), la Asamblea General del Pueblo Binni'zaa de Álvaro Obregón, el Comité de Resistencia de Unión Hidalgo, la Asamblea General del Pueblo de San Dionisio del Mar y el Movimiento de Resistencia de Santa María Xadani. Sumada a estas organizaciones está la Unión de Comunidades Indígenas de la Zona Norte del Istmo (UCIZONI), constituida en el año de 1985, que se solidarizó con la resistencia de los pueblos en lucha. Cada una de estas organizaciones ha sido conformada por circunstancias particulares, sin embargo, el revestimiento de resistencia entre algunas de ellas ha sido conjunto y enriquecedor. Por ejemplo, el “Comité de Resistencia ante el proyecto eólico” de Unión, Hidalgo, se inconformó por las irregularidades, los incumplimientos y los daños (afectaciones por el ruido que producen los aerogeneradores del parque eólico Piedra Larga I y II) generados por los proyectos instalados en su territorio. Esta organización poco después de adhirió a la APIIDTT, la cual se configuró a partir de la demanda que exigía el respeto a los derechos de los pueblos indígenas y la defensa de su territorio (Flores, 2015).

La diversidad desde el enfoque de los Sistemas Socioecológicos está conformada por componentes ecosistémicos y socio-culturales (Urquiza y Cárdenas, 2015), cuando un Sistema Socioecológico posee una diversidad con respecto a especies, actores o fuentes de conocimiento., ese SSE generalmente es más resiliente que otros que no contengan distintos componentes. Bajo esta misma perspectiva, hay otro componente que refuerza la presencia de la diversidad, además de que contribuye a construir la resiliencia, este componente es la redundancia, que proporciona un “seguro” en el sistema, pues las actividades o funciones que pueden ser realizadas por otros actores o especies, y que son clave para el funcionamiento sistémico, no se ven en riesgo ante la ausencia de una especie o actor específico, pues existe la posibilidad de que otras especies o actores las lleven a cabo. Esta idea se enlaza mismamente con el surgimiento de diferentes organizaciones, las cuales tienen un interés en común –defensa de la vida y territorio-. Low, *et al.*, (2003); Janssen, *et al.*, (2006); Walker, *et al.*, (2006); Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, (2015), mencionan que de esta redundancia un SSE tiene la posibilidad de reemplazar unidades –organizaciones- para, así, ante una o varias perturbaciones el SSE, presente mayores posibilidades de respuesta, lo cual es favorable para la obtención de la resiliencia.

Es incuestionable que el tejido entre las localidades afectadas se ha ido consolidando poco a poco, no obstante, este fortalecimiento no ha sido fácil, pues han existido enfrentamientos físicos a los pobladores de las comunidades en desacuerdo, cooptaciones de líderes comunitarios, y ofrecimientos monetarios a campesinos para que respalden a los proyectos, entre otros más. A pesar del respaldo -en algunos casos- de autoridades municipales, y de los intentos legales e ilegales por parte de las empresas para instalar los proyectos eólicos, varios pueblos indígenas estuvieron, y actualmente están resistiendo ante el aseo eólico.

Y bien, ante lo descrito es evidente que en la región istmeña converge una gran diversidad respecto a los actores; igualmente, posterior a la construcción y a los intentos de proyectos eólicos, la vasta diversidad de individuos fue una pauta para que se presentase un abanico de ideas, esto en el sentido de respuesta antes cambios y perturbaciones. Ciertamente, los SSE con un mayor número de componentes, son aquellos que tienden a ser resilientes, no obstante, la resiliencia no sólo está dada por el número de las especies que conforman esta diversidad, sino también por el número de conexiones entre ellas (Castillo-Villanueva y Velázquez-Torres, 2015).

Algunas características respecto a la diversidad biológica

Desde el punto de vista biológico, distintas características hacen del Istmo de Tehuantepec una de las áreas más interesantes de México; su condición de istmo le confiere el doble papel de puente entre las vertientes atlántica y pacífica del territorio mexicano (Pérez-García, *et al.*, 2001). Lorence y García-Mendoza, (1989) subrayan que su la ubicación geográfica es privilegiada ya que se localiza en la zona contacto de la región biogeográfica Neotropical y Neoártica. Posee un alto nivel de endemismo (Rzedowski, 1991; Meave del Castillo, 2000), principalmente de vertebrados terrestres, incluyendo anfibios, reptiles, aves y mamíferos, asimismo goza de una alta

diversidad florística y, en general, una importante diversidad biológica (Lorence y García-Mendoza, 1989; Campos-Villanueva, et. al 1992; Meave del Castillo y Pérez-García 2000). Además, la región istmeña corresponde a una zona de paso migratorio de aves rapaces, planeadoras y de otras especies; la migración de aves es en otoño-invierno, con vientos provenientes del Golfo hacia el Pacífico y, en primavera, con vientos provenientes del sur, (Hernández-Gómez, 2009).

En este territorio hay numerosos cursos de agua y sus nacientes (Los Perros, Tequisistlán, Tehuantepec, etc.) estuarios, lagunas costeras (Superior e Inferior), plataformas marinas de aguas someras de gran riqueza pesquera. Asimismo posee, dunas, planicies costeras, manglares, ciénagas, cerros y montañas que resguardan una enorme variedad florística y faunística, la cual es endémica y migratoria. Pero a pesar de estas características, este territorio carece de áreas naturales protegidas. López *et al.* (2009) menciona que debido a la asociación directa que hay entre la zona lagunar con regiones geográficas cercanas, podrían dar cuenta de un posible corredor biológico entre las mismas, el cual podría detectarse y decretarse como una zona de refugio y protección para el hábitat de los mamíferos, en particular de aquellas especies endémicas y en categoría de riesgo.

La transmisión de información entre comunidades: un aprendizaje a partir de la retroalimentación

En la región del Istmo de Tehuantepec, se localizan comunidades que han rechazado los proyectos eólicos, este rechazo no sólo ha sido representado por la palabra, sino que se ha luchado, resistido y concretado partiendo de una organización. La obtención de esta ensambladura no ha sido nada sencilla. Uno de los ejemplos más claros respecto a este proceso organizativo, es el de la localidad de San Dionisio del Mar. Levin, *et al.*, (1998), mencionan que este procedimiento de acoplamiento estímulo-respuesta le permite al SSE responder en su interior a las perturbaciones y a los efectos de su propio comportamiento.

En este caso el impulso de réplica fue proceder al rechazo de la instalación del parque eólico. Por lo tanto, este ente externo condujo a un cambio en el SSE, sin embargo, la rapidez y solidez que mostró el sistema –social- dio marcha a una organización que conjuntamente fue enriqueciéndose de la información compartida; además, a este conjunto organizativo se le adhiere la unión de comunidades vecinas, -Álvaro Obregón (Binni'zaas)- tal hecho se engendra por la información distribuida, resultado de la retroalimentación entre las variables rápidas que responden a las condiciones creadas por las variables lentas (Gunderson y Holling, 2002 citado por Gelcich, *et al.*, 2006).

Los primeros pasos para conformar la organización se dan cuando, los pobladores se informan que las autoridades municipales y agrarias autorizan el cambio de uso de suelo; de este acto de exclusión hacia la comunidad Ikoots de San Dionisio del Mar, surge un desconcierto

respecto a la información del parque eólico. A raíz de ello, las autoridades convocan a asambleas informativas, que al final de cuentas terminan evidenciándolos ante la comunidad, pues la finalidad de dichas asambleas sólo era que el convencimiento para la construcción del parque eólico en la Barra de Santa Teresa. Ante esto, se da un acercamiento con APIIDTT (Asamblea de los Pueblos Indígenas del Istmo de Tehuantepec en Defensa de la Tierra y el Territorio), que poco después declara la desaprobación rotunda del parque eólico. Seguido a esto, se desconoce a las autoridades municipales y comunales, con la revocación de mandato para el presidente municipal.

Cabe mencionar que, una de las características importantes de la conformación organizativa es la instauración de rondas de vigilancia, para así estar alertas a cualquier situación perturbadora; este acto colectivo se realizó por parte de la Asamblea General del Pueblo de San Dionisio del Mar, la cual está configurada tanto por comuneros como por personas que están en contra del proyecto eólico. Las acciones antes relatadas, se refieren a lo que Berkes y Turner (2005) mencionan como un conjunto de acciones basadas en el aprendizaje sobre la marcha, que emanan de las intenciones de alguna perturbación socio-ambiental que, en este caso, vendría siendo la construcción del parque eólico. Así pues, la instauración de rondas de vigilancia y la revocación de mandato para el presidente municipal, son parte de una retroalimentación formada a partir de las experiencias, las cuales se llevan a cabo con el objetivo de prevenirse ante cualquier acción por parte de las empresas eólicas.

Biggs *et al.*, (2015), mencionan que en la mayoría de los casos, la amortiguación de la retroalimentación ayuda a contrarrestar la perturbación y el cambio para que el sistema se recupere y siga funcionando de la misma manera, produciendo el mismo conjunto de servicios de los ecosistemas, la idea anterior se integra al método que la comunidad Ikoot y Binni'zaa, llevaron a cabo desde la perspectiva organizativa.

Según Folke, *et al.*, (2005), la conexión entre diferentes actores sociales y la creación de redes, crea oportunidades de nuevas interacciones y, por lo tanto, da acceso a mayor diversidad de recursos sociales y ecológicos. En este caso, esta idea se cumple, pues ciertamente la organización entre distintos actores sociales, creó una red social, la cual dio solidez a las acciones, lo que fue fundamental para lidiar con las amenazas de perturbación que encaró el SSE.

Así pues, a pesar de lo oscura que se veía la senda, este proceso de acciones colectivas rindió frutos favorables. Pues en diciembre de 2015 se suspendieron las autorizaciones, permisos, aprobaciones, licencias y cambios de uso de suelo otorgados por autoridades federales y estatales, en territorio Ikoots. Este triunfo fue sin duda un trabajo colectivo que brotó a partir de la retroalimentación entre los actores involucrados; la red social establecida con las comunidades Binni'zaa e Ikoots no sólo fue cemento, sino también fue de gran importancia la participación común en la toma de decisiones. Ambas acciones fueron claves para aumentar la resiliencia del SSE a partir de la retroalimentación ejecutada. Por lo tanto, la protesta social, o bien, el ecologismo popular sumado con el aprendizaje que parte de la retroalimentación, contribuye -al menos en este caso- a la obtención o acercamiento respecto al aprendizaje de los errores pasados, que consecuentemente son una aproximación a la construcción de la resiliencia.

Comentarios finales

En los últimos años la región istmeña ha enfrentado distintos problemas de corte socioecológico; tal hecho ha puesto en la encrucijada componentes ecológicos, sociales y culturales. El sostenimiento y construcción de la resiliencia en este sistema se ha dado por las características que lo componen, tales son la diversidad, la conectividad y la retroalimentación. Cada uno de estos elementos han sido cruciales para que tanto el subsistema social como ecológico se auto-organice.

La respuesta del subsistema social probablemente sea la más visible, debido a que las problemáticas sociales son las que mayormente se han analizado, sin embargo el subsistema ecológico en ningún momento ha tenido un comportamiento independiente del subsistema social. En este último apartado se mencionará como corolario a los elementos que dieron forma a las acciones auto-organizativas; y bien para una pronta comprensión del lector, se hará una distinción entre el subsistema social y ecológico, no obstante esta diferenciación no denota precisamente que los subsistemas actúen de manera aislada e independiente.

Sin perplejidad, la retroalimentación ha sido un punto clave para la conformación organizativa; la información compartida entre las comunidades fue un parteaguas para que esta se posicionara con seguridad ante el embate eólico. La retroalimentación se ha conformado a partir de la conectividad y la diversidad de los actores sociales; la conectividad entre los involucrados dio una consolidación entre las organizaciones sociales dando así una respuesta favorable a sus exigencias.

Ahora, desde la óptica ecológica, la forma de respuesta ha sido parecida. Claramente la diversidad y conectividad están internamente relacionadas, ambas han integrado un comportamiento en algunas especies con características resilientes; de forma general la diversidad mejoró -de cierto modo- las posibilidades para enfrentar las perturbaciones resultado de la construcción desmesurada de parques eólicos, en su momento la diversidad sirvió como herramienta ante la incertidumbre y la homogenización del territorio.

La construcción exponencial de parques eólicos ha puesto a “prueba” la resiliencia de este SSE. Sin embargo, este hecho no significa que los SSE deben o puedan manejarse sin previos análisis, mucho menos significa que deben excluirse los subsistemas ambientales y sociales. Si bien la respuesta organizativa de este SSE demuestra que hubo en su momento elementos que le sirvieron para responder ante una problemática, estos elementos, después de las perturbaciones y por razones evidentes, no están íntegros. Con lo anterior, es importante hacer hincapié en que la disminución de estos elementos es dar paso a la pérdida de resiliencia en el SSE, por lo cual este sistema se hace más vulnerable a perturbaciones o fuerzas externas que en otro momento pueden ensañarse con él, por lo que resulta importante realizar una reestructuración de los proyectos eólicos en el Istmo de Tehuantepec. Tal hecho debe estar acompañado de una inclusión ecológica y ambiental, asimismo, se requiere de una priorización y valoración de la diversidad social y biológica, lo que es vital para conservar este sistema; si la toma de decisiones sigue desvalorizando la riqueza socioecológica, el colapso será el desenlace.

Referencias

- Álvarez-Icaza, P. (2013). Corredor Biológico Mesoamericano en México. *Biodiversitas*, No. 110. [En línea]. [Fecha de consulta: 29 de enero 2016]. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv110art1b.pdf> CONABIO.
- APPJ. (2013) “Se crea Asamblea Popular del Pueblo Juchiteco”, 24 de febrero. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de <https://www.facebook.com/notes/asamblea-de-pueblos-del-istmo/comunado-se-crea-asamblea-popular-del-pueblo-juchiteco/432943693452208>.
- Asamblea Comunitaria de San Dionisio Del Mar. (2015). Presidente municipal amenaza a su pueblo”, 22 de enero. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de: <https://tierrayterritorio.wordpress.com/2012/01/23/boletin-san-dionisio-21-de-enero-de-2012/2012>
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE ENERGÍA EÓLICA. (s.f.) El Viento en Números. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de: <http://www.amdee.org/>
- Berkes, F., Turner, N. (2005) Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los Sistemas Socioecológicos. *Gaceta ecológica* 77. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Biggs R.; Schluter, M.; Schoon, M. L. (2015). *Principles for Building Resilience*. Cambridge University Press.
- Biggs R., Gordon, L., Raudsephearne, C., Schüter M., y Walker, B. (2015). Principle 3 Manage slow variables and feedbacks. *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona State University. Cambridge University Press, EUA.
- Birkmann, J. (2006) Measuring vulnerability to promote disaster-resilience societies: conceptual frameworks and definitions. En Birkmann, Jörn. *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies*. Teri Press, Nueva Delhi, India.
- Borja, M., Jaramillo, O., y Mimiaga, F. (2005). *Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*, México. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México.
- Cash, D., Moser, S. (2000). Linking global and local scales: designing dynamic assessment and management processes. *Global Environmental Change*. [En línea]. [Fecha de consulta: 1 de febrero de 2016]. Disponible en: http://www.susannemoser.com/documents/Cash-Moser_GEC2000.pdf
- Castillo-Villanueva, Lourdes. Velazquez-Torres, David; (2015) *Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia*. Quivera, Julio-Diciembre, pp. 11-32.
- Campos-Villanueva, A., Cortés, L., Dávila, P., García, A., Reyes, J., Toriz, G., Torres y Torres, R. (1992). *Plantas y Flores de Oaxaca*. Cuadernos 18. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Carpenter, S. R. Y Gunderson L. H. (2001). Copying with collapse: ecological and social dynamics of ecosystem management. *BioScience*.

Dakos, V., Quinlan, A., Baggio, J., Bennete, E. Bodin, Ö., y Burnsilver, S. (2015), Principle 2- Manage connectivity. *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona State University. Cambridge University Press. EUA.

Delicado, A., Silva, L., Junqueira, L., Horta, A., Fonseca, S., Truninger, M. (2013). Ambiente, paisagem, patrimonio e economia: Os conflitos em torno de parques eólicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol. 100.

Flores, M. (2015). La disputa por el Istmo de Tehuantepec: las comunidades y el capitalismo verde. (Tesis de Maestría en Desarrollo Rural). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ciudad de México.

Folke, C., Carpenter, S., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., y Holling, C. S. (2004). Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*.

Folke, C., Hahn, T., Olsson, Per Y Norberg J. (2005). Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol. 30.

Gelcich S, Edwards-Jones G, Kaiser M, Castilla J. (2006). Co-management policy can reduce resilience in traditionally managed marine ecosystems. *Ecosystems*, 9, p. 951.

Gunderson Lh, Holling CS. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press. Washington, D.C.

Grosselet, O. y Grosselet, M. (2011). Istmo de Tehuantepec Oaxaca, México ¿Un corredor migratorio amenazado? [En línea]. *Philofauna*. [Fecha de consulta: 3 de enero 2016]. Consultado en: www.youtube.com/watch?v=tRqQS5B88FI

Gunderson, L. y Holling, C. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press. Washington, D.C.

Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. 4.

Holling, C. S. (1986) The Resilience of Terrestrial Ecosystems: Local surprise and global change. En W. C. Clark, y R. Munn, *Sustainable development of the biosphere*. Cambridge University Press. Cambridge.

Instituto de Ecología AC. (2003). Manifestación de impacto ambiental – modalidad particular. Disponible: <http://documents.worldbank.org/curated/en/2003/12/6872466/mexico-wind-umbrella-la-venta-ii-carbon-financeproject-environmental-impact-assessment-vol-1-2-manifestacion-de-impactoambiental-modalidad-particular>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2016.

Janssen, M; Bodin; Anderies; Elmqvist; Ernstson. (2006). A network perspective on the resilience of social-ecological systems. *Ecol. Soc.* www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art15/.

Johannes, R., E. (1978). Traditional marine conservation methods in Oceania and their demise. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* Vol. 9.

Juárez-Hernández y León G. (2014) Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Revista Problemas del Desarrollo*. Vol. 178.

Kasperson, R., Kasperson, J., y Turner, B. (1995). *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments (Unu Studies on Critical Environmental Regions)*. United Nations University Press. Tokyo.

Kotschy, K., Biggs R., Daw, T., Folke, C. y West, P. (2015). Principle 1- Maintain diversity and redundancy. *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Arizona State University. Cambridge University Press. EUA.

López, J., Lorenzo C., Barragán F., y Bolaños, J. (2009). Mamíferos terrestres de la zona lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.

Lorence, D.H. y García-Mendoza A. (1989). *Oaxaca, Mexico. Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendations for the Future*. New York Botanical Garden. Nueva York.

Low, B; E Ostrom; C Simon y J Wilson. (2003). Redundancy and diversity: do they influence optimal management? En Berkes, F; J Colding y C. Folke, (eds.). *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

Meave Del Castillo, Pérez-García, (1998). Estudio ecológico-florístico de los enclaves de vegetación xerofítica inmersos en una selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G018. México D. F.

Meave Del Castillo, J. A. Y E. A. Pérez-García. (2000). Estudio de la diversidad florística de la región de Nizanda en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L085. México D. F.

Nahmad, S., Nahón, A., y Langlé. (2014). La visión de los actores sociales frente a los proyectos eólicos del Istmo de Tehuantepec. CIESAS, CONACYT. México.

Norberg, J. y Cumming. (2008) *Complexity Theory for a Sustainable Future*. Columbia University Press, Nueva York.

Pérez-García, E. A., J. Meave y C. Gallardo, (2001). Vegetación y flora de la región de Nizanda, istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana*, 56, pp. 19-88.

Peterson, G., Allen, C. R., y Holling, C. S. (1998). *Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. Ecosystems*.

Rappaport, R. A. (1977). "Adaptation and Maladaptation in Social Systems". En Hill, The Ethical Basis of Economic Freedom. American Viewpoint. Chapel Hill, Carolina del Norte.

Los Sistemas Sociológicos y su Resiliencia

Casos de Estudio

Rafael Calderón Conteras
Coordinador

El planeta Tierra está afrontando una transformación sin precedentes: por primera vez en la historia geológica del planeta, una especie está modificando sus estructuras más íntimas. Esta nueva era geológica ha sido denominada como Antropoceno, y está caracterizada por transgresiones a ciertos límites planetarios como el cambio climático, la extinción masiva de especies, el cambio de uso de suelo, la modificación de los flujos biogeoquímicos y otros cambios de régimen social y natural que nos alejan rápidamente de la posibilidad de permanecer en un espacio seguro y saludable para la humanidad. El cambio de régimen hacia una nueva era geológica implica replantear las relaciones sistémicas que existen entre el hombre y la naturaleza, y la forma en la que dichas relaciones tienen la capacidad o habilidad de absorber disturbios y mantener sus funciones esenciales mientras se lleva a cabo un cambio en el sistema. El presente libro analiza estos problemas analíticos por medio de los conceptos de sistemas socioecológicos y resiliencia, respectivamente. Se presentan una serie de casos y ejemplos de sistemas socioecológicos, que afrontan, se adaptan y resisten los cambios ambientales globales por medio de tres componentes principales de la resiliencia: la retroalimentación, la conectividad y la diversidad. *Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio*, busca contribuir a la discusión de la Resiliencia aplicada, y su importancia para entender mejor los retos que el cambio ambiental global del Antropoceno representa.



Raskin, Paul. (2006). *World Lines. Pathways, Pivots, and the Global Future*, Tellus Institute. Boston.

Rzedowski, J. (1991). *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México*. Acta Botánica Mexicana. Instituto de Ecología, A.C. No. 14. Pátzcuaro, México.

Salas-Zapata, W., Ríos-Osorio A. y Álvarez-Del Castillo J., (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral*. Asociación Argentina de Ecología.

Stattersfield, A.J. J. Michael J. Crosby, A.J. Long, y D. C. Wege. (1998). *Endemic Bird Areas of the World. Priorities for Biodiversity Conservation*. Birdlife Conservation Series no. 7. Birdlife International.

Toledo, Víctor. (2015). *Ecocidio en México La batalla final es por la vida*. Grijalbo. México.

Tompkins, Emma L. y W. Neil Adger, (2004). Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society*, vol. 9, núm. 2.

Ucizoni. (s.f.). Historia. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de: <http://ucizoniac.blogspot.mx/p/historia.html>

Urquiza, A. y Cárdenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire des Amériques* [En línea], 218 | 2015, publicado el 5 julio 2015, fecha de consulta el 13 enero 2016, en: <http://orda.revues.org/1774>

U.S. Fish and Wildlife Service. (2003). *Service Interim Guidance on Avoiding and Minimizing Wildlife Impacts from Wind Turbines*. Washington DC.

Villegas-Patracá R., Cabrera-Cruz A., Herrera-Alsina L. (2014) Soaring Migratory Birds Avoid Wind Farm in the Isthmus of Tehuantepec, Southern Mexico. *PLoS ONE*. 9(3).

Walker, B; L Gunderson; A Kinzig; C Folke; y S. Carpenter. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecol. Soc.* 11(1), p. 13.

Went, T. (1993). *Composition, floristic affinities, and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forests*. *Biological Diversity of México: Origins and Distribution*, Oxford University Press, Nueva York.

Woods, M. (2003). *Conflicting Environmental Visions of the Rural: Windfarm Development in Mid Wales*. *Sociologia Ruralis*. 43(3).

Zárate, A. (2015). *La codicia capitalista manifestada en eólicos y minería, en su tropiezo con la comunidad y la ¿resistencia?! en Cd. Ixtepec, Oaxaca: Un camino hacia la reconstrucción del territorio*. (Tesis de Maestría en Desarrollo Rural). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Ciudad de México.