

Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México

M. Maass^{1,2}, E. Jardel³, A. Martínez-Yrizar⁴, L. Calderón⁵, J. Herrera⁶, A. Castillo¹, J. Euán-Ávila⁶, M. Equihua⁷

(1) Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), Universidad Nacional Autónoma de México Campus Morelia, AP 27-3, Morelia, Michoacán, CP 58090, México.

(2) Estación Biológica de Doñana (CSIC). Isla de la Cartuja, Avda. Américo Vespucio s/n, E-41092 Sevilla, España.

(3) Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMECBIO, CUCSUR, Universidad de Guadalajara (UdeG) Av. Independencia Nacional 151 Autlán, Jalisco, CP 48900, México.

(4) Instituto de Ecología (IE), Universidad Nacional Autónoma de México-Hermosillo, AP 1354, Hermosillo, Sonora, CP 83000, México.

(5) Departamento de Ecología, Centro de Investigaciones y Científicas y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Km 107 Carretera Tijuana – Ensenada, Ensenada, Baja California, CP 22860, México.

(6) Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV-Mérida). Km. 6 Carretera Antigua a Progreso, Mérida, Yucatán, CP 97310, México.

(7) Departamento de Ecología Aplicada, Instituto de Ecología A.C.-Xalapa (INECOL) AP 63, Xalapa, Veracruz, CP 91000, México.

➤ Recibido el 18 de febrero de 2010, aceptado el 20 de abril de 2010.

Maass, J.M., Jardel, E.J., Martínez-Yrizar, A., Calderón-Aguilera, L.E., Herrera, J., Castillo, A., Euán-Ávila, J., Equihua, M. (2010). Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México. *Ecosistemas* 19(2):000-000.

Detrás de la actual crisis ambiental está nuestra limitada comprensión de los procesos ecológicos y sociales que operan a escalas espacio-temporales amplias. Esta falta de conocimiento ha desencadenado fallos en los esquemas de manejo y utilización de los servicios y recursos que nos brindan los ecosistemas naturales, lo que a su vez ha provocado su deterioro a escalas globales. Una respuesta de la comunidad académica a este vacío del conocimiento ha sido la formación de grupos de científicos comprometidos con la investigación y seguimiento de procesos ecológicos de largo plazo (LTER). La Red Mexicana LTER está conformada por 10 grupos que realizan investigación en diferentes áreas naturales protegidas (ANP) del país. Los grupos LTER se han beneficiado de la existencia de ecosistemas bien conservados y de las condiciones óptimas que les aseguran la continuidad de sus observaciones. Las ANP, por su parte, se han favorecido por la generación de información científica, muy útil a la hora de diseñar e implementar sus programas de manejo. Ambos tienen un interés común por el manejo de ecosistemas más allá de los límites de las reservas, lo que incentiva aún más esta colaboración, ya que, siendo los ecosistemas naturales una referencia obligada de sostenibilidad ecológica, el entendimiento de su dinámica funcional a largo plazo es clave para la gestión sustentable de los servicios y recursos que éstos nos brindan.

Palabras clave: ANP, conservación, gestión de ecosistemas, Mex-LTER, seguimiento.

Maass, J.M., Jardel, E.J., Martínez-Yrizar, A., Calderón-Aguilera, L.E., Herrera, J., Castillo, A., Euán-Ávila, J., Equihua, M. (2010). Protected natural areas and long term ecological research in Mexico. *Ecosistemas* 19(2):000-000.

Behind the current environmental crisis is our limited understanding of large-scale ecological processes. This lack of knowledge has trigger failures in our ecosystem management practices, promoting its degradation all over the planet. The establishment of long term ecological research groups (LTER) is the response of the academic community to deal with this problem. The Mex-LTER network comprises 10 groups conducting scientific research in different natural protected areas (NPA) of Mexico. LTER groups benefit from the well preserve natural ecosystems and the security conditions sustained within these protected areas. On the other hand, NPA benefits from the information generated by the research groups, since it is useful to design and implement their management programs. Both have a common interest on ecosystem management practices beyond de NPA borders. Been natural ecosystems a necessary reference for sustainability, this LTER/NPA relationship is enhanced by the long term understanding of ecological dynamics, since it is the key to design and implement sustainable ecosystem management practices.

Keywords: ecosystem management, conservation, LTER, NPA, monitoring.

La investigación ecológica de largo plazo

Los recursos y servicios que proveen los ecosistemas naturales, han sido, y seguirán siendo, la base para el desarrollo económico y social (Daily et al., 1997). Al apropiarnos de dichos beneficios, transformamos a los ecosistemas, alterando su funcionamiento. Lo hemos estado haciendo desde nuestro origen como especie, con un punto de inflexión que se identifica a partir del momento en el que el ser humano aprendió a manipular el fuego y comenzó a desarrollar la agricultura. Con la ayuda de la tecnología moderna, hemos intensificado y extendido el impacto sobre los ecosistemas naturales a escalas regionales y globales (Vitousek et al., 1997).

¿Cómo es posible que hayamos estado dismantelando el sistema de soporte de vida en el planeta durante tantos años sin percatarnos de ello hasta sólo muy recientemente? La razón es que, a pesar de que los procesos que mantienen la dinámica funcional de los ecosistemas operan a múltiples escalas espaciales y temporales, estamos mejor adaptados para procesar información a escalas espaciales y temporales pequeñas (Ornstein y Ehrlich, 1989). Esto es crítico pues existe una clara relación entre la escala a la que se dan los procesos ecológicos y el tiempo que tardan en aparecer los efectos de su manipulación (Hatton et al., 2002). Manipulaciones del ecosistema aparentemente inocuas, no se manifiestan como problemáticas hasta que aparecen los síntomas de que se han rebasado los umbrales de resistencia y resiliencia del ecosistema. Si a esto le agregamos que durante años el sistema científico ha estimulado la investigación a escala local (Tilman, 1989), no es de extrañar nuestro pobre entendimiento de los procesos ecológicos que operan a gran escala y, por tanto, nuestra limitada capacidad para prever o predecir el efecto de la manipulación de los ecosistemas. Podemos afirmar que detrás de la severa crisis ambiental que estamos viviendo, está precisamente nuestro limitado conocimiento de los procesos ecológicos que operan a escalas amplias (de cientos de km² y de décadas).

Una respuesta ante la urgente necesidad de abordar el estudio de procesos ecológicos que operan a gran escala, ha sido la paulatina aparición de proyectos, grupos y redes de investigación en todo el mundo, construidos expresamente para estimular una investigación ecológica de largo plazo. Estos grupos, conocidos como LTER por sus siglas en inglés ("*Long Term Ecological Research*"), son grupos académicos de colaboración científica, comprometidos a generar y compartir información producto del seguimiento de procesos ecológicos claves durante muchos años (décadas). Forman redes que hacen un esfuerzo por sintonizar objetivos y metodologías a fin de hacer más fácil la comparación y síntesis de la información generada en muchos sitios y con ello lograr entender procesos que operan a escalas espaciales mayores. Asimismo, sistematizan y resguardan apropiadamente la información a fin de hacerla accesible a los diferentes sectores sociales interesados en ella para una mejor toma de decisiones (Gosz, 1996, Bourgeron et al., 2006, Lugo et al., 2006, Maass et al., 2010).

Las áreas protegidas

Considerando que el mantenimiento del sistema de soporte de vida del planeta depende de las funciones de regulación ambiental y provisión de recursos naturales que proporcionan los ecosistemas naturales, resulta imprescindible trabajar para lograr: 1) frenar la transformación de estos ecosistemas, 2) restaurar aquellos que han perdido su integridad ecológica y 3) diseñar sistemas productivos y de utilización sustentable basados en un entendimiento de su dinámica funcional (Maass, 1999). Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son claves en los esfuerzos conducentes a lograr estas tres grandes metas. En primer lugar, porque las ANP se establecen con miras a preservar grandes extensiones representativas de los ecosistemas naturales más importantes y mejor conservados de un país. En segundo lugar, porque las ANP son una fuente importante de germoplasma para los programas de restauración ecológica. Por último, y más relevante, las ANP son un componente clave para el diseño de sistemas productivos sustentables ya que son una referencia obligada de sostenibilidad ecológica. En este sentido, las ANP son lugares idóneos para realizar este tipo de investigación científica a largo plazo (LTER).

Es importante reconocer que un sistema de ANP no es suficiente para frenar o revertir los procesos de deterioro ambiental. Las ANP están también sujetas a múltiples amenazas (Maass et al. en prensa a), y además son vulnerables a los esquemas de manejo de sus áreas colindantes, e inclusive dentro de la misma área protegida ya que, en muchos casos, hay población humana viviendo dentro de ellas. Es por ello que el manejo de las ANP no se debe circunscribir a sus límites, sino que debe extenderse también a su extensa área de influencia, tal y como lo ha planteado el Programa "Hombre y Biosfera" (MaB por sus siglas en inglés "*Men and Biosphere*") de la UNESCO, en su sistema mundial de Reservas de la Biosfera. Al tener que abordar el socio-ecosistema en su conjunto, producto de la compleja integración de componentes y procesos tanto ecológicos como sociales, los programas de manejo del ANP no sólo deben contemplar los objetivos de conservación, sino también incluir los aspectos de restauración y aprovechamiento sustentable de las áreas aledañas. Esto requiere un claro entendimiento de la dinámica funcional de los ecosistemas naturales a diferentes escalas espaciales y temporales.

La participación de los científicos en los programas de manejo sustentable de los socio-ecosistemas (incluyendo a las ANP) no se limita únicamente a proveer información básica sobre sus características estructurales y de funcionamiento. Como se puede apreciar en la **Figura 1**, la participación de los científicos se puede dar durante todo el proceso de manejo. En algunos casos la participación es más clara y pertinente como en los casos de diagnóstico y análisis de problemas de manejo, la

construcción de escenarios o en el diseño de intervenciones. Es importante enfatizar que el manejo es un proceso dinámico, continuo y, sobre todo de largo plazo. Un principio clave en el manejo de ecosistemas es el reconocimiento implícito de que se trabaja bajo condiciones de incertidumbre, ya que el proceso de manejo no parte de un pleno conocimiento sobre la manera cómo funciona el sistema, sino del mejor entendimiento que se tenga en ese momento. Al reconocer estas limitaciones, se obra con cautela (“principio precautorio”) y se utiliza la misma experiencia del manejo como herramienta de aprendizaje. Este es, en esencia, el concepto de “manejo adaptativo”, en el que el manejo se va ajustando conforme mejora nuestro entendimiento del sistema. Para hacerlo operativo, la evaluación y seguimiento de la respuesta del sistema al manejo es indispensable. El monitoreo ambiental no sólo es muy costoso, sino que además requiere constancia, una conceptualización muy clara de qué y cómo monitorear y buena capacidad analítica que permita interpretar los resultados de dicho seguimiento.



Figura 1. Posible participación de los científicos en los procesos de manejo integrado de socio-ecosistemas. Los recuadros indican los pasos a seguir y las flechas la trayectoria que sigue dicho programa. El tamaño de las estrellas indica el grado de la pertinencia del involucramiento de los científicos en el proceso de manejo (Modificado de Maass y Cotler 2008).

Abordar esta búsqueda de entendimiento integral del socio-ecosistema es un enorme reto, no sólo conceptual, sino también metodológico y sobre todo operativo, ante la escasez de recursos económicos y humanos disponibles para ello. Se requieren esfuerzos colectivos, bien organizados, de largo plazo y con una clara visión interdisciplinaria, transdisciplinaria y transversal (multisectorial). Y es precisamente en este sentido donde cobra importancia la necesidad de unir esfuerzos entre los sistemas de ANP y las redes LTER. Las ANP requieren de grupos académicos que realicen investigación y monitoreo ecológico, ambos, a largo plazo, mientras que los grupos LTER también requieren sitios con ecosistemas bien conservados y condiciones que aseguren la continuidad de sus observaciones por períodos de tiempo muy prolongados. En la **Figura 2** se muestra una lista comparativa de las características de diversas iniciativas internacionales ligadas con la investigación sobre problemas ambientales, entre las cuales está la Red Internacional de Investigación Ecológica a Largo Plazo (ILTER, www.ilternet.edu) la cual reúne a cerca de 40 redes nacionales repartidas por todo el planeta. Es importante destacar que de todas las iniciativas incluidas en la lista, la red IILTER es la única que tiene como característica esencial el establecimiento de sitios permanentes para la investigación de largo plazo (Bourgeron et al., 2006).



Figura 2. Características principales de diversas iniciativas de corte internacional orientadas a abordar el estudio de la problemática ambiental (Modificado de Bourgeron et al. 2006).

El sistema de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en México

En México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP <http://www.conanp.gob.mx/>) administra 173 áreas de carácter federal (**Tabla 1**) que representan en su conjunto más de 250000 km² (aproximadamente el 10% del territorio nacional y un 1.5% de la zona marítima del país; Bezaury y Gutiérrez, 2009). Algunas de estas áreas (61), que por su biodiversidad y características ecológicas son consideradas de especial relevancia para el país, integran el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP).

Áreas Naturales Protegidas en México

Número	Categoría	Superficie (km ²)
40	Reservas de la Biosfera	125.189
67	Parques Nacionales	14.825
5	Monumentos Naturales	163
8	Áreas de Protección de Recursos Naturales	44.401
35	Áreas de Protección de Flora y Fauna	66.469
18	Santuarios	1.463
173		252.510

Tabla 1. Número, categoría y superficie de las áreas naturales protegidas (ANP) de México (fuente: <http://www.conanp.gob.mx/>).

Aparte de las 173 ANP de carácter federal, existe un importante número de reservas estatales, municipales, comunales y privadas. De estas últimas algunas se han certificado de manera voluntaria ante la CONANP. En combinación con esta fórmula de "acción participativa", existen programas oficiales como el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES de la CONANP) y el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) que constituyen un instrumento de la política pública que promueve la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad mediante la participación directa y efectiva de la población. Se instrumenta a través de estímulos económicos y apoyo técnico a propietarios y usuarios de terrenos circundantes a las ANP para involucrarlos en procesos de gestión del territorio conducentes a una apropiación sustentable de los recursos naturales (protección, restauración y valoración económica de los servicios ecosistémicos). Esto está generando oportunidades productivas alternativas que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los habitantes y, al mismo tiempo, a disminuir la presión sobre los ecosistemas naturales. Es precisamente en este tipo de programas en los que se vislumbra una importante colaboración entre grupos LTER y las ANP, pues establece un marco de operación hacia una meta común de promoción del desarrollo sustentable en el que ambos cumplen además con su misión y objetivos particulares. Más aún, las experiencias obtenidas de esta colaboración bien pueden ser la base para plantearnos el reto de lograr que toda la superficie del territorio nacional esté bajo algún programa de manejo sustentable de sus socio-ecosistemas (Maass et al., 2007). Las ANP pueden servir como espacios de experimentación de prácticas alternativas de conservación y manejo para el uso sustentable de los recursos naturales en beneficio de la sociedad, y estas alternativas pueden extenderse más allá de los estrechos límites de los parques y reservas (Halffter, 1981, Jardel, 1992). Se trata de fomentar la construcción de vínculos productivos entre la generación de conocimiento ecológico relevante y la gestión sustentable de los recursos naturales. En este proceso las ANP y LTER son el laboratorio natural y el instrumental científico, respectivamente.

La Red LTER Mexicana

La Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo (Red Mex-LTER; www.mexlter.org.mx) fue creada en octubre de 2004 y está conformada por 10 grupos académicos repartidos por todo el país (Fig. 3). Los objetivos de la Mex-LTER incluyen: el impulso al trabajo científico, integral e interdisciplinario; el seguimiento a largo plazo y a gran escala de procesos y variables claves; la comparación, sistematización y el resguardo de datos; la formación de recursos humanos; y el diseño de políticas públicas para un manejo sustentable de los recursos y servicios que ofrecen los ecosistemas (Burgos et al., 2007, Maass et al., 2010; Jardel et al., en prensa).



Figura 3. Ubicación de los grupos académicos que pertenecen a la Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo (Mex-LTER).

Como se puede ver en la **Figura 4**, las siete Áreas Temáticas identificadas son aplicables al estudio de los ecosistemas naturales terrestres, acuáticos y ecosistemas manejados de México. Además se complementan con siete tópicos de monitoreo que incluyen: aspectos de clima; características del suelo; flujos y balances de agua, energía y nutrientes; biodiversidad; abundancia de especies claves; productividad primaria; y cambios en el uso del suelo.



Figura 4. Agenda de investigación de la Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo (Mex-LTER).

A pesar de que la Red Mex-LTER se conformó como una red de corte ecológico, desde su inicio ha existido la inquietud de adoptar un enfoque que incorpore los aspectos sociales, buscando pasar de una red LTER hacia una red LTSER (Long-Term Socio-Ecological Research, Haberl et al., 2006, Jardel et al., en prensa). En un esfuerzo por impulsar la colaboración entre ambos campos del conocimiento, la Red Mex-LTER ha identificado áreas temáticas de investigación de corte socio-ecológico que incluye aspectos relacionados con las interacciones sociedad-naturaleza, la dinámica de los socio-ecosistemas, la percepción y valoración de los servicios ecosistémicos, y los factores institucionales, económicos y culturales que influyen en las prácticas de manejo. Así mismo nos interesa saber cómo la transformación de los ecosistemas naturales modifica la vulnerabilidad de la población local y regional, y qué papel desempeña la información y la educación en las decisiones sobre el manejo de socio-ecosistemas.

Experiencia de los Grupos de la Red Mex-LTER en las ANP

Prácticamente todos los grupos de la Red Mex-LTER (**Tabla 2**) están asociados a alguna ANP, ya sea una reserva de la Biosfera (Chamela-Cuixmala, Sierra de Manantlán, Celestún, Mapimí, Los Tuxtlas, Archipiélago de Revillagigedo, Islas Marietas) o a un Parque Nacional (Cabo Pulmo, Huatulco y Cumbres de Monterrey). Aunque esta interacción ha sido muy variada en su forma e intensidad, en todos los casos ha generado múltiples y mutuos beneficios, los cuales intentaremos resumir a continuación.

Los grupos académicos ayudan a detectar y promover la creación de ANPs

En la Red Mex-LTER existen varios casos, por ejemplo el Grupo Manantlán tiene su origen en el establecimiento de una estación de investigación de campo, Las Joyas, en la Sierra de Manantlán (Santana et al., 2004). Este grupo participó activamente en la generación de la propuesta de conservación de esa área montañosa de 1400 km², que finalmente se declaró como Reserva de la Biosfera (RB) en 1987. De igual forma podemos hablar de las Estaciones de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Así, Chamela, en la costa de Jalisco, se convirtió en RB en 1993 protegiendo poco más de 130 km², mientras que la estación de Los Tuxtlas, se convirtió en RB en 1998, protegiendo 1550

km². La RB de Mapimí fue decretada en el año 2000 (con 3400 km²), aunque contaba con protección estatal y reconocimiento por MaB-UNESCO desde 1974 (fue la primer RB establecida en México; Halffter, 1981) y sus grupos académicos llevan haciendo investigaciones en dicha área durante más de tres décadas. En todos estos casos los grupos académicos no sólo estimularon el establecimiento de estas ANP sino que proporcionaron los elementos técnicos y conceptuales para justificar su creación. Un caso reciente ha sido el establecimiento del ANP de las Islas Marietas (CONANP, 2007), uno de los sitios del Grupo Arrecifes cuyo trabajo de investigación ha estimulado su decreto como RB hace apenas un par de años (2007).

La labor continuada de los grupos de investigación en un sitio permite la acumulación de información muy valiosa

La investigación en un sitio generalmente comienza por estudios descriptivos. Pueden pasar años antes de tener un listado florístico o faunístico completo del sitio, o una caracterización básica de su topografía o batimetría, pero conforme la obtención de información básica se va completando, se da paso a estudios más sofisticados, como la medición de flujos de nutrientes o la dinámica de la productividad primaria del ecosistema. En algunos sitios con muchos años de estudio, el acopio de información es tal, que se vuelven sitios de referencia internacional para ecosistemas particulares. Se tornan también en sitios ideales para validar modelos generados en otros ambientes. La investigación científica pasa de ser meramente descriptiva, a una más propositiva y vanguardista. Así por ejemplo, el Grupo Chamela en 1982 estableció un proyecto de investigación ecológica de largo plazo sobre la estructura y funcionamiento del bosque tropical seco, uno de los ecosistemas tropicales más importante y amenazado por actividades antropogénicas de México y del mundo (Miles et al., 2006). Dicho proyecto se ha mantenido durante más de 25 años y sin interrupción hasta la fecha (Maass et al., 2002b). Durante todos estos años el Grupo Chamela le ha dado seguimiento a variables clave del flujo de energía, como la caída de hojarasca y la dinámica del mantillo, así como a flujos hidrológicos igualmente importantes como la precipitación y la escorrentía en los ríos. Sobre esta línea base, también han analizado distintos aspectos del flujo de nutrientes y procesos del suelo (García-Oliva et al., 1994; Maass et al., 2002a; Rentería et al., 2005, entre otros). El estudio de largo plazo les ha permitido analizar la variabilidad natural del sistema, su respuesta a fenómenos o anomalías climáticas que ocurren a escalas temporales grandes (décadas, como por ejemplo el ciclo El Niño – La Niña), lo que les está permitiendo identificar umbrales críticos de vulnerabilidad y resiliencia en el contexto del cambio global. Así mismo, el acopio de información de múltiples aspectos ecológicos y sociales para un mismo ecosistema han permitido hacer una evaluación integral de los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque tropical seco (Maass et al., 2005).

Grupo	N	Instituciones	Ecosistemas	Sitio o región de Trabajo
Alchichica	14	Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM); I Ciencias del Mar y Limnología (UNAM); I Geología (UNAM); Depto. de Física (U de Guadalajara)	Lacustre	Laguna de Alchichica, Puebla
Arrecifes del Pacífico	10	I. Investigaciones Oceanológicas (U A Baja California); Depto. Ecología (CICESE); Centro U de la Costa (U de Guadalajara); U A Baja California Sur; CICIMAR; Centro U de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (U de Guadalajara); Instituto de Recursos (U del Mar)	Marino-fluvial, arrecifes y comunidades coralinas	Costa del Pacífico desde Baja California Sur hasta Oaxaca, RB Islas Marietas
Chamela	27	Centro de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM); Instituto de Biología (UNAM); Instituto de Ecología (UNAM); Instituto de Geografía (UNAM); Instituto Nacional de Ecología; Fundación Cuixmala	Selva Baja Caducifolia	RB Chamela-Cuixmala, Jalisco
ECOPEY	18	CINVESTAV, Unidad Mérida; Louisiana State University; South Florida Water Management District; Florida International University	Laguna costera y manglar	RB Ría Celestún, costas de Campeche y Yucatán
Ecosistemas Costeros	10	Depto. de Desarrollo Sustentable de las Zonas Costeras, Centro Universitario de la Costa Sur (U de Guadalajara); Depto. de Física (U de Guadalajara)	Estuarios, lagunas costeras y mar abierto	Costa de Jalisco y Colima
Ecosistemas del Altiplano	9	Facultad de Ciencias Forestales (Universidad Autónoma de Nuevo León)	Pastizal halófito, matorral xerófilo	Región del Altiplano, Nuevo León
GRACILIS	12	Instituto Potosino de Ciencia y Tecnología, Colegio de Postgraduados, Campos Experimentales de Zacatecas y La Campana (INIFAP)	Pastizales semiáridos	Meseta Central, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí
Los Tuxtlas	13	Instituto de Biología (UNAM); Centro de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM); Instituto de Ecología (UNAM); Facultad de Ciencias (UNAM)	Selva alta perennifolia	RB Los Tuxtlas, Veracruz
Manantlán	28	Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, Centro Universitario de la Costa Sur (U de Guadalajara); Instituto de Ecología AC, University of Wisconsin-Madison; University of Washington	Bosques subtropicales de montaña, ríos y agroecosistemas	RB Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima
Mapimí	7	Instituto de Ecología AC	Matorral xerófilo y pastizal halófilo	RB de Mapimí, Durango

Tabla 2. Características de los 10 grupos que pertenecen a la Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo (Red Mex-LTER; N se refiere al número de investigadores participando en el grupo).

El trabajo en red permite abordar aspectos espaciales a escala regional

Un grupo de la Red Mex-LTER que trabaja a manera de subred es el Grupo Arrecifes que tiene sitios de investigación a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano, lo que les permite cubrir un gran gradiente ambiental. Mientras que en los arrecifes de Cabo Pulmo la temperatura media del océano es de 25°C, en el Archipiélago Revillagigedo es más alta, entre 27°C y 28°C. La variación anual también tiene comportamientos contrastantes. Las Islas Marietas presentan temperaturas promedio anuales entre 26.4°C, pero con una amplia variación estacional, que va desde los 23.3°C en marzo, hasta los 30°C en septiembre, para descender rápidamente hasta los 20°C en invierno. Finalmente en el El Parque Nacional Bahías de Huatulco, la temperatura superficial anual del agua es más estable a lo largo del año, fluctuando tan sólo entre los 26 y 28°C (Calderón-Aguilera et al., 2009). En todas estas ANPs el Grupo Arrecifes lleva trabajando más de 10 años. Han estudiado la comunidad de corales (cobertura, blanqueamiento, bioerosión, aspectos reproductivos, conectividad genética, tasas de calcificación), peces (estructura de la comunidad, cambios en el nivel trófico), equinodermos (dinámica poblacional, bioerosión) y otros invertebrados. En general les interesa conocer y evaluar el efecto de factores ambientales y antropogénicos sobre la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas, lo que sólo es posible bajo un enfoque de largo plazo y amplia escala espacial. El grupo ha podido documentar la conexión entre los fenómenos climáticos de El Niño - La Niña con estos ecosistemas mexicanos y ha encontrado que son más bien las bajas temperaturas las que tienen el mayor efecto

(blanqueamiento del 100% de los corales en Islas Marietas en mayo de 2008) y de eventos severos como tormentas y huracanes (la desaparición total de las comunidades coralinas de Careyeros y Punta Mita en Bahía de Banderas, por el huracán Kena en 2002).

El Grupo Gracilis es otro ejemplo de la Red Mex-LTER que opera como una subred, pero en este caso su interés son los pastizales naturales a lo largo de su distribución en el norte del país, en un gradiente latitudinal de más de 10 grados y de aproximadamente 1000 km de longitud. También es frecuente que los grupos de la Red Mex-LTER extiendan su interés a localidades cercanas. Así por ejemplo, el grupo de Ecosistemas Costeros de la Península de Yucatán (ECOPEY) ha realizado trabajos de investigación y monitoreo en otras ANP's de la Península de Yucatán, como la Reserva de la Biósfera de Río Lagartos, los Parque Marinos de Cancún e Isla Contoy, en Sian Ka'an, Xcalac, y Banco Chinchorro, entre otros.

Los grupos de la Red Mex-LTER son complementarios

A pesar de que los Grupos de la Mex-LTER son sólo 10 hasta la fecha (la red permanece abierta a la incorporación de nuevos grupos), abarcan una amplia cobertura de ecosistemas y condiciones ambientales del país (ver **Fig. 3** y **Tabla 2**). En la **Figura 5** se presenta un diagrama conceptual y simplificado de cómo estos grupos se distribuyen a lo largo de un gradiente altitudinal y de lejanía de la costa. Podemos concebir a la Red Mex-LTER como un gran instrumento de medición que en conjunto permite atacar problemas de investigación científica en materia ambiental que requieren esfuerzos coordinados en muchos sitios y por tiempo prolongado. El potencial de colaboración con el programa de ANP en el país es enorme.

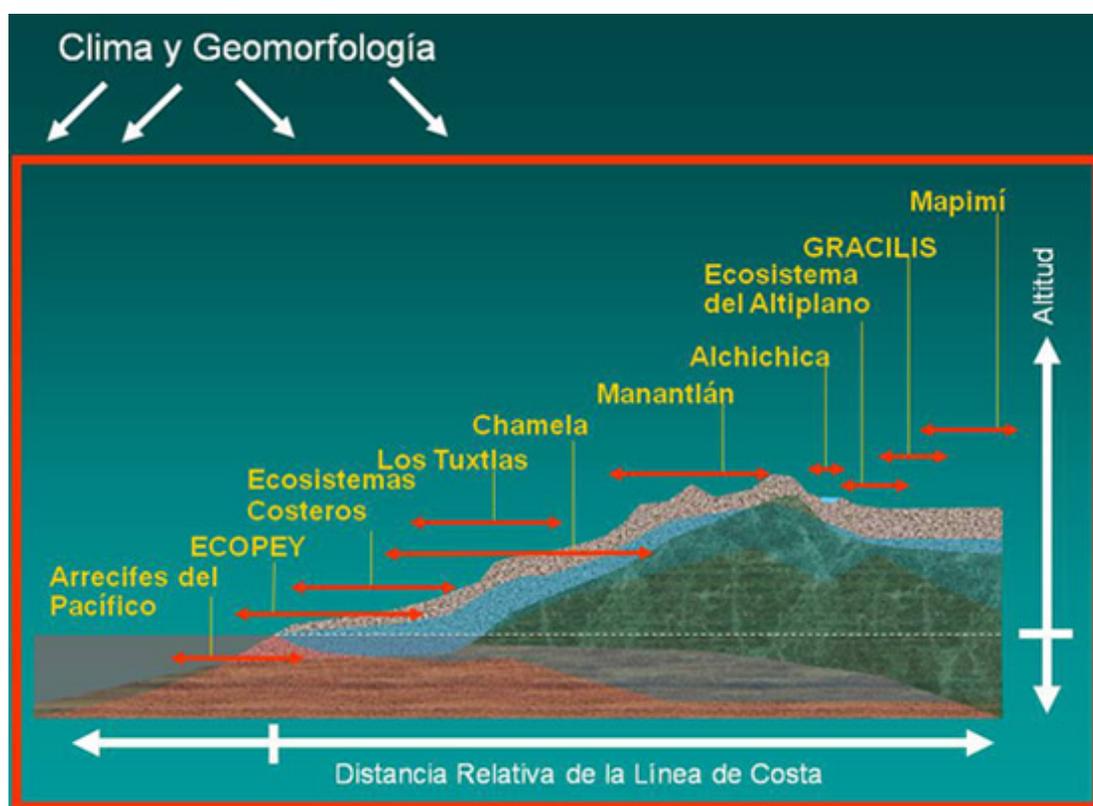


Figura 5. Distribución de los sitios de la Red Mex-LTER de acuerdo a un gradiente altitudinal y de distancia relativa a la línea de costa.

El seguimiento a largo plazo de variables ecológicas claves constituye un interés particular de los grupos LTER

Quizás no con el mismo nivel de detalle, las ANP también requieren dar seguimiento a variables ambientales indicadoras del estado de conservación y la efectividad de su área protegida. Es por ello que las ANP se benefician enormemente de los programas de monitoreo de largo plazo establecidos y mantenidos por los grupos LTER. Así por ejemplo, sólo bajo un esquema de protección oficial del bosque de Chamela como ANP ha sido posible mantener por tantos años el monitoreo de procesos básicos del funcionamiento de un ecosistema único por su riqueza de especies, número de especies endémicas y alta variabilidad ambiental (Ceballos y García, 1995, Balvanera y Aguirre, 2006), incluyendo un patrón muy característico de precipitación marcadamente estacional y extremadamente variable de un año a otro (García-Oliva et al., 2002). El estudio de la productividad primaria del bosque tropical seco de Chamela no tiene precedente en la historia de los estudios

ecosistémicos en las regiones tropicales del mundo y está contemplado continuarlo de forma indefinida.

El grupo de Ecosistemas Costeros de la Península de Yucatán (ECOPEY) trabaja en un área de playas arenosas escogidas, como lugares de puesta de tortugas marinas y de humedales costeros de importancia para las pesquerías comerciales y la biodiversidad. El monitoreo emprendido y el conocimiento actual alcanzado por este grupo sobre el comportamiento espacial y temporal de los organismos y de los cambios en los hábitat ha permitido incidir en la regulación y en propuestas de conservación del ANP (Hernández-Guevara et al., 2008; Cuevas-Flores y Liceaga Correa, en prensa; Tapia-González et al., 2008; Herrera-Silveira y Morales-Ojeda, 2009).

A los grupos LTER les interesan aspectos de manejo más allá de los límites de la reservas

Este interés es compartido por las ANP pues, como ya se sabe, son sistemas abiertos y muy vulnerables al impacto del manejo de las áreas aledañas. Varios de los grupos de la Red Mex-LTER realizan investigación a este respecto, que beneficia claramente a las ANP. Por ejemplo, se ha reconocido que la RB Sierra de Manantlán es muy importante como protección de cabeceras de cuencas y para la regulación ambiental de una extensa región de los estados de Jalisco y Colima. El trabajo del Grupo Manantlán se ha extendido a la región de influencia de la Reserva hacia la cuenca del Río Ayuquila. Dicho trabajo se planificó desde un inicio en torno a la generación de información y conocimiento para la gestión ambiental, la conservación y el manejo de los recursos naturales en la RB Sierra de Manantlán y su región de influencia, desarrollando líneas de investigación de largo plazo sobre: patrones de biodiversidad y ecología de comunidades de plantas y animales, regímenes de perturbación y procesos de regeneración natural y sucesión en bosques de montaña, dinámica hidrológica y calidad del agua de la cuenca del Río Ayuquila, procesos de gestión comunitaria de bosques, y dinámica agraria y social en torno a la gestión del territorio y los recursos naturales. Estas líneas poseen un enfoque aplicado a la conservación y restauración de ecosistemas y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Jardel et al., 2006). La investigación no sólo sirvió para justificar la creación de la RB Sierra de Manantlán (Jardel, 1992) sino también para impulsar en la región de influencia un proceso de gestión ambiental intermunicipal con la asociación de 10 municipios en la Junta Intermunicipal para la Gestión de la Cuenca del Río Ayuquila (Graf et al., 2003). Varias acciones de manejo de recursos naturales, ordenamiento territorial comunitario, control de la contaminación acuática, manejo del fuego, protección de hábitat y especies, restauración ecológica, etc., se han fundamentado en los resultados de este tipo de investigación (Graf et al., 2003, Jardel et al., 2004, 2006).

De igual forma, se puede mencionar la experiencia del Grupo ECOPEY (Ecosistemas Costeros de la Península de Yucatán), en el que los acercamientos con las comunidades en la zona de influencia de la RB Ría Celestún se han producido desde hace más de 20 años, en particular con sus comunidades pesqueras y con algunas comunidades del interior en la zona Maya. Los trabajos han estado relacionados con aspectos de sustentabilidad de las pesquerías analizando conocimientos y prácticas de pesca; con el manejo colaborativo entre usuarios y administradores en áreas naturales protegidas; el aprovechamiento de recursos tradicionalmente no explotados; el proceso de elaboración de ordenamientos costeros y con la capacitación de grupos locales para trabajos de monitoreo. De los principales resultados obtenidos resaltan las necesidades de entender y prestar una mejor atención a las comunidades locales reconociendo la heterogeneidad de sus prácticas, su conocimiento experto y sus deseos de aprender, aspectos que les han permitido desarrollar hasta ahora niveles de resiliencia y de adaptación a los cambios que han enfrentado (Tran et al. 2002; Euan-Avila et al., 2002, 2006; Chuenpagdee et al., 2004; Salas et al., 2007, 2008).

Chamela es otro ejemplo interesante en el que se observa una transición de la investigación centrada en los aspectos biológicos (iniciada hace 40 años) a la incorporación de un enfoque socio-ecológico. El proyecto que detonó el estudio a largo plazo que ahora cumple más de 25 años de operación ininterrumpida, comenzó precisamente con el interés de evaluar el impacto de las principales prácticas de manejo locales sobre la estructura y funcionamiento del bosque tropical caducifolio (Sarukhán y Maass, 1990). Aunque la vinculación con la sociedad ha sido un proceso lento, durante los últimos 10 años se han estimulado investigaciones de corte socio-ecológico en la zona, relacionados principalmente con el manejo del bosque tropical seco. Se ha documentado la historia de usos del suelo de la región costera de Jalisco, así como de los ejidos que rodean la RB Chamela-Cuixmala y se tiene información sobre la percepción de los ejidatarios y sus familias sobre el uso de tierras y el bosque tropical seco, así como sobre la degradación del ambiente, la conservación de ecosistemas y las políticas ambientales tales como las promovidas por la propia Reserva y el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Costa de Jalisco (Castillo et al., 2005, 2009; Pujadas y Castillo, 2007). Desde diciembre de 2007 la Estación de Biología comenzó un programa llamado "Puertas Abiertas" en el que una vez al año se invita a los pobladores locales a conocer los trabajos que se realizan en la reserva. Así mismo, algunos investigadores del Grupo Chamela han comenzado a participar activamente en el Consejo Distrital de Desarrollo Rural Sustentable de la Costa Sur de Jalisco que incluye cinco municipios. Estos consejos surgen de la Ley de Desarrollo Rural emitida en 2004 y buscan ser espacios en los cuales distintos sectores sociales interactúan con objeto de construir estrategias de desarrollo que benefician a las comunidades rurales a la vez que se conservan los ambientes naturales. Esta interacción está permitiendo, por ejemplo, que los académicos conozcan los problemas que interesan a actores tan importantes como los campesinos, que en México son los principales dueños de las tierras agrícolas y forestales. Es importante señalar también que actualmente existe un grupo interdisciplinario interesado en desarrollar modelos conceptuales y diseñar herramientas metodológicas para el estudio de los servicios ecosistémicos, con

miras a contribuir al entendimiento de los factores ecológicos y sociales que determinan los patrones de provisión y consumo de servicios ecosistémicos, así como los beneficios que de ellos obtienen las poblaciones humanas (Balvanera et al., en prensa).

Los grupos LTER se convierten en grandes atractivos de oportunidades de colaboración académica para las ANP

No es sorprendente que dos de los grupos más numerosos de la Red Mex-LTER, son también los más longevos realizando investigación de largo plazo en una reserva. Tanto Manantlán como Chamela, que tienen más de 25 años de historia de trabajo colectivo integrado, son también los más numerosos (28 y 27 investigadores, respectivamente). Otros grupos como el de ECOPEY y el de Alchichica lograron conjuntar a más de 10 investigadores en cada grupo con el fin de armar sus candidaturas para incorporarse a la Red Mex-LTER (ver **Tabla 2**). Los grupos LTER no sólo generan información que da contexto a múltiples estudios particulares, sino además estimulan la generación de infraestructura de campo y laboratorio.

Los grupos LTER se benefician enormemente de esta interacción con las ANP

Uno de los beneficios más reconocidos que representa trabajar en un sitio protegido es contar con la seguridad de poder mantener en operación experimentos y programas de monitoreo de largo plazo. Así por ejemplo, en Chamela, la existencia de la reserva, su programa de manejo y vigilancia han sido fundamentales para garantizar la continuidad de la investigación de largo plazo en una región que presenta una alta presión de cambio de uso del suelo y alta tasa de deforestación, principalmente por roza-tumba y quema, para el establecimiento de cultivos y praderas para el pastoreo de ganado vacuno (Burgos y Maass, 2004). En el caso del Grupo Arrecifes, el que sus sitios de estudio sean ANP les confiere la ventaja de que, al menos legalmente, las actividades humanas están reguladas, de tal manera que funcionan como un control. Sin embargo, no siempre es suficiente pues como ha sucedido en Cabo Pulmo, los factores ambientales, más que los humanos, han sido los conductores del cambio. En dicha localidad se tienen observaciones desde 1987 y se ha percibido una pérdida paulatina en la cobertura de coral. Afortunadamente la comunidad de peces sí ha sido beneficiada por la veda pesquera en el ANP, por lo que ahora se encuentran más especies y organismos de mayor talla (Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera, 1999).

Los grupos LTER se benefician del apoyo logístico que puede ofrecer un ANP

La existencia de infraestructura en una estación de campo es un gran beneficio que aportan las ANP a los grupos LTER y, al mismo tiempo, la existencia de grupos LTER justifican las inversiones en infraestructura para la investigación en las ANP. Es mucho más fácil encontrar instalaciones de alojamiento, comida y telecomunicación en reservas en las que se realiza investigación activa y de largo plazo, que en las que sólo son visitadas de manera esporádica. De igual forma se cuenta con el apoyo del personal del ANP. No siempre es posible, o resulta muy costoso, tener una permanencia constante de personal académico en la zona de estudio. Las ANP, sin embargo cuentan con personal de base apostado de forma permanente, quienes frecuentemente prestan apoyo técnico en los programas de monitoreo y mantenimiento del equipo. Así por ejemplo, el Grupo Arrecifes, que trabaja con ecosistemas muy frágiles y dinámicos, ha tenido que establecer y mantener un programa permanente de monitoreo. En una clara muestra de colaboración institucional, dicho monitoreo es realizado, en muy buena medida, con apoyo de la ANP, quienes realizan dichas tareas como parte de sus funciones. El monitoreo, que en todo momento ha sido supervisado por el grupo académico, ha permitido adoptar las medidas pertinentes para la protección, conservación y aprovechamiento del arrecife.

Limitaciones en la interacción entre grupos LTER y ANP

Es importante reconocer que también existen algunas limitaciones en esta, claramente beneficiosa, interacción entre grupos LTER y ANP. Quizás la más apremiante tiene que ver con las restricciones que imponen la legislación (y la burocracia) en las ANP, en términos de trámites de permisos de colecta y de investigación, que en ocasiones resultan en relaciones conflictivas con la agencia responsable de su mantenimiento. Irónicamente, un limitante del trabajo en estas ANPs ha sido el hecho de que para llevar a cabo cualquier investigación se requiere de la anuencia del director de la reserva, lo que a veces, más por cuestión de personalidad que legales, se convierte en un obstáculo. Así mismo, en ocasiones la administración les da un trato diferencial a los investigadores extranjeros y nacionales (siendo preferencial o más laxo con los primeros). Por su parte, las ANP se quejan de que los resultados de la investigación realizada en las reservas no siempre están los suficientemente disponibles (en tiempo y formato) y que frecuentemente es necesario esperar hasta que los datos sean publicados para tener acceso a ellos. Algunas veces también sucede que los grupos LTER interesados en trabajar con las comunidades rurales aledañas se encuentran atrapados en conflictos producto de asuntos no resueltos por la existencia de un ANP, tales como conflictos limítrofes o de tenencia de la tierra. Las cuestiones de tipo presupuestario son siempre un tema que surge cuando se habla de limitaciones, pero incluso en los sistemas de administración y evaluación de las tareas académicas en las universidades, no siempre son adecuadamente entendidas las necesidades que impone la investigación a largo plazo en espacios silvestres ni la vinculación de la investigación con la práctica de manejo (Jardel et al. 2006). No obstante, a pesar de estas limitaciones, resulta muy evidente que la interacción entre grupos LTER y ANP es sumamente ventajosa para ambas partes, por lo que habrá que trabajar para resolver estos aspectos.

Consideraciones finales

Existe una amplia justificación y claras ventajas para estimular la colaboración entre ANP y los grupos LTER. Las ANP, por ley, deben actualizar y adecuar sus Planes de Manejo. Para ello se requieren observaciones periódicas, sistemáticas y claramente definidas, que en consecuencia son la base de investigaciones ecológicas a largo plazo. Los grupos LTER no hacen su trabajo en el vacío y las ANP se convierten en laboratorios naturales, de tal forma que la interacción se convierte en una simbiosis.

La Red Mex-LTER ha dado pasos firmes en este sentido, al realizar en el marco del proyecto “Desarrollo de Programas de Colaboración en Contexto del Cambio Climático entre la Red Mex-LTER, el Instituto Nacional de Ecología y el Sector Ambiental Gubernamental de México”, un taller con la autoridades de la CONANP y otras agencias a fin de detonar una agenda de colaboración efectiva.

Dadas las diferencias existentes entre las estrategias de desarrollo, objetivos y metas de ambos sistemas, en ocasiones existen algunas limitaciones para el trabajo que desarrollan en las ANP los grupos académicos de la Red Mex-LTER, y que habrá que resolver. Sin embargo, ya que las ANP ofrecen condiciones que permiten resguardar la investigación de largo plazo, el balance es muy positivo. Tanto los recursos económicos como humanos para llevar a cabo tareas de conservación siempre han sido muy limitados, al igual que los recursos para realizar investigación científica en las ANP mexicanas. Estas limitaciones no dan cabida a ineficiencias administrativas y mucho menos a procesos de atomización de recursos y esfuerzos. Dada la magnitud de la problemática ambiental que estamos enfrentando y la enorme urgencia de atenderla con un enfoque interdisciplinario, transdisciplinario y transversal, es indispensable que los grupos LTER y las autoridades encargadas de manejar las ANP trabajen codo a codo para limar asperezas y estimular las sinergias que se producen con la colaboración.

Sin duda, la cooperación entre las agencias encargadas de la gestión ambiental, la Red Mex-LTER y las comunidades de las ANP y sus regiones de influencia, puede contribuir significativamente a un proceso de aprendizaje que permita enfrentar los retos que imponen la conservación de ecosistemas naturales y el manejo sustentable de los recursos y servicios que nos brindan. Habrá que seguir buscando los canales de comunicación y estimulando dicha colaboración.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de Raúl Ahedo, Lyliana Rentería, María del Socorro Lara López, Catherine Mathuriau, Sandokan Barajas y Salvador Araiza por su ayuda en la preparación del presente manuscrito. De igual forma se agradece la revisión y sugerencias de Ricardo Díaz Delgado sobre el documento. Así mismo se reconoce el apoyo otorgado a la Red Mex-LTER por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la CONANP, el Centro de Investigaciones sobre Ecosistemas (CIEco) de la UNAM, el Instituto de Ecología A.C. (INECOL), la Universidad de Guadalajara (UdeG), el Centro de Investigaciones Científicas y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados CINVESTAV de Mérida.

Referencias

- Balvanera, P., Aguirre, E. 2006. Tree diversity, environmental heterogeneity, and productivity in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica* 38:479-491.
- Balvanera, P., Castillo, A., Avila, P., Caballero, K., Flores, A., Galicia, C., Galindo, L.M., Lazos-Chavero, E., Martínez, Y., Maass, M., Martínez, L., Quijas, S., Saldaña, A., Sánchez, M., Sarukhán, J. (En prensa). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. En: Littera, P. (ed.), *El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudio de casos*, pp:00.
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez-Carbonell, D. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. En: Dirzo, R., González, R., March, I.J.(eds.) *Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*, pp. 385-431, CONABIO, México D.F., México.
- Bourgeron, P., Hamburg, S., Kim, E.S., King, H., Krauze, K., Lee, L., Maass, M., Mirtl, M., Parr, T., Pauw, J., Vaughan, H., Anderson, M. and Kaufman, H. 2006. *International Long Term Ecological Research (ILTER) Strategic Plan*. 71 pp. Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan.

- Burgos, A., Maass, J.M. 2004. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:475-481.
- Burgos, A., Maass, J.M., Ceballos, G., Equihua, M., Jardel, E.J., Medellín, R.A., Hernández, L., Ayala, R., Equihua A. 2007. La investigación ecológica a largo plazo (LTER) y su proyección en México. *Ciencia y Desarrollo* 33(204):24-31.
- Castillo, A., Magaña, A., Pujadas, A., Martínez, L., Godínez, C. 2005. Understanding the interaction of rural people with ecosystems: A case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8:630-643.
- Castillo, A., Godínez, C., Schroeder, N., Galicia, C., Pujadas-Botey, A., L. Martínez. 2009. Los bosques tropicales secos en riesgo: conflictos entre el desarrollo turístico, el uso agropecuario y la provisión de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, México. *Interciencia* 34(12):844-850.
- Calderón-Aguilera, L.E., Reyes-Bonilla, H., López-Pérez, R.A., Cupul-Magaña, A., Herrero-Perezrul, M.R., Carriquiry, J.D., Medina Rosas, P. 2009. Fauna asociada a arrecifes coralinos del Pacífico Mexicano. *Ciencia y Desarrollo* 35(230):38-45.
- Ceballos, G., García, A. 1995. Conserving neotropical biodiversity: The role of dry forests in western Mexico. *Conservation Biology* 9:1349-1353.
- Chuenpagdee, R., Fraga, J., Euán-Ávila, J. 2004. Progressing toward co-management through participatory research. *Society and Natural Resources* 17:147-161
- CONANP 2007. *Programa de conservación y manejo, Parque Nacional Islas Marietas*, México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Cuevas-Flores, E., Liceaga-Correa, M.A. (En prensa). Santuarios para tortugas marinas: Propuesta. En: Euan-Avila, J., García de Fuentes, A., Liceaga-Correa, M.A., Munguia, A. (eds.), *La costa del estado de Yucatán, un espacio de reflexión sobre la relación sociedad – naturaleza, en el contexto de su ordenamiento ecológico territorial*, pp: 00-00. CINVESTAV-Mérida. México.
- Daily, G.C., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P.A., Mooney, H., Postel, S., Scheneider, S.T., Tilman, D., Woodwell, G. 1997. Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2:16.
- Euán-Ávila, J., Witter, S.G. 2002. Promoting integrated coastal management in the Yucatán Peninsula, México. *Journal of Policy Studies* 12:1-16.
- Euán-Ávila, J., Fraga J., Salas S., Robledo D., Chuenpagdee, R. 2006. Interdisciplinary research and collaborative management in small coastal communities. En: Breton, Y., Brown, D., Davy, B., Haughton M., Ovares, L. (eds.), *Coastal Resource Management in the Wider Caribbean: Resilience, adaptation, and community diversity*, pp:51-77. Ian Randle Pub. IDRC. Kingston, Jamaica.
- García-Oliva, F., Camou, A., Maass, J.M. 2002. El clima de la región central de la costa del pacifico mexicano. En: Noguera, F.A., Vega-Rivera, J.H., García-Aldrete, A.N., Quezada-Avedaño, M. (eds.), *Historia Natural de Chamela*, pp:3-10. UNAM, México, México.
- García-Oliva, F., Casar, I., Morales, P., Maass, J.M. 1994. Forest to pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia* 99:392-396.
- Gosz, J. R. 1996. International long-term ecological research: priorities and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 11:444.
- Graf, S.H., Santana, E., Jardel, E.J., Gómez, M., García-Ruvalcaba, S. 2003. La Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. En: Carabias, J., de la Maza, Cadena, R. (eds.), *Capacidades necesarias para el manejo de áreas protegidas. América Latina y el Caribe*, Pp:135-153. The Nature Conservancy-World Comision on Protected Areas, UICN. México D.F. México.
- Haberl, H., Winiwarter, V., Andersson, K., Ayres, R., Boone, C., Castillo, A., Cunfer, G., Fischer-Kowalski, M., Freudenburg, W.R., Furman, E., Kaufmann. R., Krausmann, F., Langthaler, E., Lotze-Campen, H., Mirt, M., Redman, CL., Reenberg, A.,

- Wardell, A., Warr, B. and Zechmeister, H. 2006. From LTER to LTSER: Conceptualizing the socioeconomic dimension of long-term socioecological research. *Ecology and Society* 11(2):13. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art13/>
- Halfpter, G. 1981. The Mapimí Biosphere Reserve: local participation in conservation and development. *Ambio* 10:93-96.
- Hernández-Guevara, N.A., Ardisson, P.L., Pech, D. 2008. Temporal trends in benthic macrofauna composition in response to seasonal variation in a tropical coastal lagoon, Celestun, Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research* 59:772-779.
- Herrera-Silveira, J.A., Morales-Ojeda, S.M. 2009. Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin* 59:72-86.
- Hatton, T., Reggiani, P., Hodgson, G. 2002. The role of trees in the water salt balances of catchments. En: Stirzaker, R., Vertessy, R., Sarre, A. (eds.) *Trees, water and salt: an Australian guide to using trees for healthy catchments and productive farms*, pp: 28-42. Joint Venture Agroforestry Program and CSIRO, Australia.
- Jardel, E.J. (Coord.) 1992. *Estrategia para la Conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán*. 316 pp. Editorial Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México.
- Jardel, E.J., Graf, S.H., Santana, E., Gómez, M. 2004. Managing core zones in mountain protected areas in México: The Sierra de Manantlán Biosphere Reserve. En: Hamilton, L., Worboys, G., Harmon, D. (eds.), *Mountain Protected Areas: Linking protected areas among the mountain range*, pp.211-224. Andromeda Editrice. Teramo, Italia.
- Jardel, E.J., Santana, E., Graf, S.H. 2006. Investigación científica y manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. En: Oyama, K., Castillo, A. (eds.), *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*, pp.127-153. Siglo XXI-Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México
- Jardel, E.J., Maass, J.M., Rivera, V.H., Ceballos, G., Medellín, R., Equihua, M., Equihua, A., Hernández, L., Ayala, R., Alcocer, J., Arredondo, T., Calderón, L.E., Godínez, E., Herrera, J., Huber-Sannwald, E., Iñiguez, I., López-Portillo, J., Martínez-Yrizar, A., Pando, M., Porter, L., Reyes, H., Ricker, M., Reynoso, V., Scott, L. (En prensa). *Investigación ecológica a largo plazo en México*. 177 pp. Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo. Morelia, Michoacán, México.
- Lugo, A., Swanson, F.J., Ramos-González, O., Adams, M.B., Palik, B., Thill, R.E., Brockway, D.G., Kern, C., Woodsmith, R., Musselman, R. 2006. Long-Term research at the USDA Forest Service's experimental forests and ranges. *BioScience* 56:39-48.
- Maass, J.M. 1999. Criterios ecológicos en el manejo sustentable de los suelos. En: Sibe, C., Rodarte, H., Toledo, G., Echevers, J., Oleschko C. (eds.), *Conservación y restauración de suelos*, pp: 337-360. PUMA/UNAM, México, México.
- Maass, J.M., Cotler, H. 2008. Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas En: Cotler, H. (ed.), *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental* pp. 41-64, Segunda Edición. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México D.F., México.
- Maass, J.M., Martínez-Yrizar, A., Patiño, C., Sarukhán, J. 2002a. Distribution and annual net accumulation of above-ground dead phytomass and its influence on throughfall quality in a Mexican tropical deciduous forest ecosystem. *Journal of Tropical Ecology* 18:821-834.
- Maass, J.M., Jaramillo, V., Martínez-Yrizar, A., García-Oliva, F., Pérez-Jiménez, A., Sarukhán, J. 2002b. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En: Noguera, F.A., Vega-Rivera, J.H., García-Aldrete, A.N., Quezada-Avedaño, M. (eds.), *Historia Natural de Chamela*, pp. 525-542. UNAM, México. México.
- Maass, J.M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V. J., García-Oliva, F., Martínez-Yrizar, A., Cotler, H., López-Blanco, J., Pérez-Jiménez, A., Búrquez, A., Tinoco, C., Ceballos, G., Barraza, L., Ayala, R., Sarukhán, J. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10(1):17. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>
- Maass, J.M., Astier, M., Burgos, A. 2007. Hacia un programa nacional de manejo sustentable de ecosistemas en México. En: Calva, J.L. (Coord.), *Agenda para el desarrollo, Volumen 14: Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*, pp. 89-99. Editorial

Porrúa, UNAM y Cámara de Diputados. México D.F., México.

Maass, J.M., Díaz-Delgado, R. Balvanera P., Castillo, A., Martínez-Yrizar, A. 2010. Redes de investigación ecológica y socio-ecológica a largo plazo (LTER y LTSER) en Iberoamérica: los casos de México y España. *Revista Chilena de Historia* 83 (1):171-184.

Maass, J.M., Búrquez, A., Trejo, I., Valenzuela, D., González, M.A., Rodríguez, M., Arias, H., Miranda, A. (en prensa (a)). Amenazas para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury, J.E., Dirzo, R. (eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*, pp. 311-338. CONABIO, WWF-MÉXICO, CONANP, UNAM, ECOCIENCIA S.C. México. México.

Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos V., Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33:491-505.

Ornstein, R., Ehrlich, P. 1989. *New world, new mind: Moving toward conscious evolution*. Doubleday, New York. USA. 302 pp.

Pujadas, A., Castillo, A. 2007. Social participation in conservation efforts: a case study of a biosphere reserve on private lands in Mexico. *Society and Natural Resources* 20:57-72.

Rentería, L.Y., Jaramillo, V.J., Martínez-Yrizar, A., Pérez-Jiménez, A. 2005 Nitrogen and phosphorus resorption in trees of a Mexican tropical dry forest. *Trees* 19:431-441.

Reyes-Bonilla, H., Calderón-Aguilera, L.E. 1999. Population density, distribution and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo reef, Gulf of California, México. *Marine Ecology* 20:347-357.

Salas, S., Cabrera, M.A., Zapata-Araujo, C., Euán-Avila, J.I., Maldonado-Repetto, A. 2007. ¿Son los refugios artificiales una opción para mejorar la pesquería de langosta? El caso de la pesquería de Yucatán. *Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute* November 5-9, Punta Cana, República Dominicana.

Salas, S., Cabrera, M.A., Palomo, L., Torres-Irineo, E. 2008. Uso de indicadores para evaluar medidas de regulación en la pesquería del pulpo en Yucatán dada la interacción de flotas. *Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute* November 10-14, Gosier, Guadeloupe, French West Indies.

Santana, E., Jardel, E.J., Hernández-Vázquez, F., Cuevas-Guzmán, R., Partida-Lara, D., Íñiguez-Dávalos, L.I., Rivera-Cervantes, L.E. 2004. Investigación y educación en un área protegida. En: Cuevas-Guzmán, R., Jardel, E.J. (eds.) *Flora y Vegetación de la Estación Científica Las Joyas*, pp. 7-47. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. México.

Sarukhán, J., Maass, J.M. 1990. Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. En: Leff, E. (ed.), *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol I, pp. 81-114. UNAM (CIIH)-Porrúa. México. México.

Tapia-González, F.U., Herrera-Silveira, J.A., Aguirre-Macedo, M.L. 2008. Water quality variability and eutrophic trends in karstic tropical coastal lagoons of the Yucatán Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76:418-430.

Tilman D. 1989. Ecological experimentation strengths and conceptual problems. En: Likens, G.E. (ed.), *Long-Term Studies in Ecology*, pp. 136-157. Springer-Verlag, New York, USA.

Tran K.C., Euan J., Isla M.L. 2002. Public perception of development issues: impact of water pollution on a small coastal community. *Ocean and Coastal Management* 45:405-420.

Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., Melillo, J. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.