

QUINTA SECCIÓN  
SOCIOECOSISTEMAS, BIODIVERSIDAD  
Y DESARROLLO SUSTENTABLE



# EL ENFOQUE SOCIOECOSISTÉMICO: UN PUENTE CONCEPTUAL PARA UNA MEJOR INTEGRACIÓN DE LA AGENDA NACIONAL PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

JOSÉ MANUEL MAASS\*

## INTRODUCCIÓN

En el armado de una agenda nacional para el desarrollo sustentable se parte del firme propósito de que *ésta* sea actual y correcta, no sólo en términos de su apego a la realidad científica, sino también en términos de su adecuación a las posibilidades y necesidades del país. Es de esperarse que cada uno de los expertos involucrados en el armado de la misma, aportemos desde la particular perspectiva que nos da nuestra especialidad. El gran reto es que, ante tal heterogeneidad de puntos de vista, los planteamientos coincidan (o que al menos no se contradigan entre ellos). Cada una de las propuestas planteadas son hipótesis cuya comprobación se dará una vez que éstas se implementen y sus efectos se hagan evidentes, lo cual puede tomar varios años (suponiendo que nuestras recomendaciones sean tomadas en cuenta y puestas en práctica). De aquí la importancia de la tarea que nos ocupa, ya que varios de los autores de este volumen participamos en el ejercicio de sexenios anteriores y se nos ha pedido reconsiderar nuestras propuestas de hace seis años, afinándolas con base en cómo vemos que las cosas han cambiado en el país y en el mundo desde entonces. Ante el dinamismo del sistema y la incertidumbre natural del proceso, una sana estrategia ha sido asegurarse de que la agenda propuesta sea lo más completa, transversal e incluyente posible, apostándole a acercarnos a la objetividad a través de la intersubjetividad.

Ante esta necesidad de planteamientos integrales en la agenda, se vuelve indispensable encontrar marcos conceptuales unificadores que permitan el trabajo intersectorial e interdisciplinario que esta búsqueda requiere. Sin

\* Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.

embargo, esto es un reto mayúsculo ante la excesiva sectorización del quehacer gubernamental y la fragmentación del conocimiento científico (Norgaard, 2008). Suele ocurrir que las políticas públicas, inclusive dentro del mismo sector, llegan a contraponerse unas con otras (por ejemplo, en el sector ambiental, existe un Programa de Pago por Servicios Hidrológicos, que incentiva la conservación de los ecosistemas naturales y que se contrapone con otro existente sobre seguridad alimentaria, que más bien induce al cambio de uso del suelo con fines agrícolas). Algo similar sucede con el problema de la fragmentación de la ciencia y las dificultades que tenemos los académicos para trabajar conjuntamente. Tanto en muchas de las universidades del país, como en el Sistema Nacional de Investigadores, se trata a los científicos de las ciencias sociales y de las ciencias naturales de manera separada. Aún con los recientes esfuerzos del Programa de Redes de CONACYT, en el medio académico nacional se sigue privilegiando la investigación individual y las coautorías múltiples se ven con recelo. Los premios o reconocimientos colectivos son prácticamente inexistentes. De aquí, precisamente, la enorme relevancia del esfuerzo colectivo que ahora nos ocupa.

Existen muchas razones detrás de esta falta de transversalidad gubernamental y del aún incipiente trabajo interdisciplinario de los grupos académicos del país. En mi opinión, una de las causas de raíz se encuentra en la heterogeneidad con la que los diferentes sectores gubernamentales y académicos concebimos nuestro sujeto de atención o nuestro objeto de estudio. ¿Cómo conciliar los intereses de algunos por conservar a los ecosistemas naturales (incluyendo los recursos y servicios gratuitos que nos otorgan), con los intereses de muchos por encontrar nuevas inversiones que nos permitan un crecimiento económico, anteponiendo cualquier costo (incluyendo, por supuesto, el patrimonio cultural y natural del país)? ¿Cómo poner a dialogar y a trabajar juntos a físicos de partículas que conciben al mundo como “polvo de estrella organizado”, con biólogos que consideran al ser humano como “la especie invasora más destructora del planeta” y a estos últimos con tecnócratas que consideran que este debacle ambiental es sólo “una piedra en el camino que la tecnología resolverá en su momento”? Ciertamente, estos ejemplos son visiones simplistas de posiciones extremas en el debate sobre los problemas ambientales, pero es una manera de enfatizar que detrás de la crisis ambiental que estamos viviendo, está la visión tan heterogénea que tienen del mundo los diferentes sectores dentro del gobierno, así como las diferentes disciplinas dentro de la academia. Ante la insistencia en la búsqueda de modelos de desarrollo sustentable, ¿quién o qué debe ser nuestro objeto de sustentabilidad?: ¿la economía, la sociedad, el ser humano, el ambiente, el territorio, los ecosistemas, el país, el planeta en su conjunto? Tener claridad sobre ello es indispensable para atender la

severa crisis ambiental en la que estamos inmersos. En este sentido, sintetizar nuestra concepción del mundo se ha vuelto una tarea urgente, pues dependiendo de cómo lo percibimos y lo entendemos, es como lo valoramos y es como diseñamos e implementamos las formas de resolver nuestros problemas (Maass y Equihua, 2015).

En este ejercicio de elaboración de la Agenda Nacional para el Desarrollo, en el que se busca lograr una integralidad en sus alcances, se requieren marcos conceptuales unificadores que le den coherencia conceptual y metodológica a sus planteamientos y propuestas. El propósito de esta contribución es abonar en este sentido, por lo que en las siguientes líneas describo cómo el enfoque *socioecosistémico* (Galopín *et al.*, 1989; Berkes y Folke, 1998; Collins *et al.*, 2011; Carpenter *et al.*, 2012; Maass, 2017; Maass, en prensa) se está constituyendo como un importante puente de entendimiento y colaboración entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. Así mismo, describo *cómo es que* el enfoque *transdisciplinario* (Spangenberg 2011; Huutoniemi y Tapio, 2014; Fischer *et al.*, 2015), visto como un complemento epistémico de la concepción *socioecosistémica* del mundo, se está perfilando como una ruta clara y adecuada que varias instituciones y programas nacionales e internacionales están tomando en esta búsqueda del desarrollo sustentable.

## ANTECEDENTES

En 2005 fui invitado a formar parte del Consejo Nacional de Universitarios por una Nueva Estrategia de Desarrollo, conformado por un grupo de más de 200 académicos de varias instituciones del país. La invitación incluía el compromiso de contribuir con un capítulo sobre “manejo sustentable de suelos”, como parte de un volumen dedicado a analizar el problema de “Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental”. El objetivo del Consejo era analizar, de manera integral, los grandes problemas económicos, sociales y ambientales de México, de tal forma que se pudieran “proponer soluciones creativas y factibles para establecer políticas públicas que respondan a la compleja realidad actual de nuestro país” (Calva, 2007). En aquel entonces, mi contribución se centró en transmitir la necesidad de ver el problema del manejo y la conservación de los recursos naturales desde una perspectiva sistémica e integral, y urgiendo a la necesidad de aplicar en México un Programa Nacional de Manejo Sustentable de sus Suelos, embebido en principios ecosistémicos (Maass *et al.*, 2007).

Hace seis años se repitió dicho esfuerzo (Calva, 2012), por lo que se invitó a los autores a revisar y actualizar sus planteamientos en una segunda versión de sus propuestas. En esa ocasión, mi contribución no sólo reiteró

la urgente necesidad de ver a los recursos naturales como servicios que nos brindan los ecosistemas, sino que además propuse dar un paso conceptual más, sugiriendo la adopción del concepto de *socioecosistemas* como una forma más clara y eficiente de conectar los aspectos sociales y ambientales, en esta búsqueda de dar soluciones a la severa crisis ambiental en la que estamos inmersos (Maass, 2012).

El presente capítulo forma parte de un tercer esfuerzo por nutrir académicamente el armado de la Agenda para el Desarrollo para un nuevo sexenio (2018-2024). El presente trabajo constituye una revisión de los planteamientos hechos hace seis años, afinando y actualizando el concepto de *socioecosistemas* y abundando sobre las implicaciones epistémicas (de corte *transdisciplinario*) que la implementación del enfoque *socioecosistémico* requiere.

#### EL PAPEL DE LAS REDES ACADÉMICAS

El armado de mis contribuciones a la Agenda Nacional para el Desarrollo, particularmente enfocadas a los asuntos ambientales, se ha basado en el “estado del arte” sobre la temática, reflejada en los planteamiento conceptuales de las redes de investigación científica que han ido surgiendo en nuestro país a lo largo de todos estos años. La conformación de estas redes ha sido el resultado de un proceso evolutivo del quehacer científico, que poco a poco ha ido reconociendo la necesidad de una estrategia más colectiva e incluyente, migrando de un enfoque estrictamente disciplinario a uno de corte *multidisciplinario*; posteriormente a uno *interdisciplinario* y, hoy en día, a uno que le apuesta a la *transdisciplina*.

Un par de años antes a la elaboración de la primera entrega (Maass *et al.*, 2007), aparecía en escena la Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo, conocida internacionalmente como la red Mex-LTER, por sus siglas en inglés, “Mexican Long Term Ecological Research Network”. Esta red fue el resultado de un esfuerzo nacional por estimular una ciencia de corte ecosistémico, orientada a entender procesos ecológicos que toman décadas (Burgos *et al.*, 2007). Es decir, proyectos de investigación *multidisciplinarios* y anclados en sitios particulares, manteniendo un esfuerzo continuo de monitoreo y análisis de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas por muchos años. En aquel entonces aún predominaba en México una visión fuertemente disciplinaria y parcelada del ambiente y de sus problemas, por lo que una primera contribución a este esfuerzo académico por aportar elementos conceptuales para la Agenda Nacional para el Desarrollo, se concentró en convencer al sistema político sobre la necesidad de impulsar un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Ecosistemas

en México, que abordara de manera más integrada el estudio, la utilización, la conservación y la restauración de nuestro medio natural, con este enfoque sistémico y de largo plazo (Maass *et al.*, 2007).

Seis años más tarde (2011), en un nuevo intento por influir en la Agenda Nacional de Desarrollo, se nos pidió a los académicos un planteamiento actualizado. Para entonces, el Conacyt había detonado la conformación de redes temáticas de investigación científica, y hacía un par de años se había establecido la Red de Medio Ambiente y Sustentabilidad (denominada REMAS), a la que la Mex-LTER se había incorporado como parte de la misma. Siguiendo un esfuerzo por transitar a una investigación de corte más *interdisciplinaria*, produje un documento sobre la necesidad de implementar un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Socio-Ecosistemas (Maass, 2012). En esta segunda oportunidad replanteé la necesidad de incorporar los aspectos de manejo sustentable de ecosistemas en la Agenda Nacional, reiterando no sólo la importancia de considerar al ecosistema en su conjunto, sino ir más allá abordando el concepto de *socioecosistema* como un marco unificador clave para implementar, tanto la ciencia como la práctica para la sustentabilidad. Enfatiqué sobre el hecho de que la ciencia y su aplicación son cada vez más complejas y que el tipo de problemas que enfrentamos requiere de un trabajo conjunto entre disciplinas, tanto de las ciencias naturales como de las ciencias sociales.

En esta tercera entrega también echaré mano del estado del arte en investigación sobre temas ambientales, el cual ha adoptado claramente un enfoque *transdisciplinario*, en el que se reconoce que la inteligencia detrás de la solución de la crisis ambiental no puede provenir solamente de la academia, sino que debe tomar en cuenta la diversidad de perspectivas procedente de los diferentes sectores sociales involucrados en el problema (Spangenberg, 2011). Este ha sido el reto de la recién establecida Red Temática de CONACYT sobre “Socioecosistemas y Sustentabilidad” (RedSocioecoS), concebida como una red de redes y como resultado de un proceso evolutivo del quehacer científico, que poco a poco ha ido reconociendo la necesidad de un enfoque más colectivo e incluyente. Es por ello que en esta nueva contribución al Programa Nacional de Desarrollo describo el interés que ha surgido en las redes de promover la creación de un Observatorio Nacional de Socioecosistemas, como una estrategia integral e incluyente en la solución de los grandes problemas nacionales.

## EL CONTEXTO GLOBAL

El desarrollo de las redes académicas en México se ha dado en un contexto internacional, en el que desde la formalización del pensamiento sistémico a

mediados del siglo pasado (Bertalanffy, 1950), el quehacer científico, como una estrategia de generación del conocimiento que nos permite entender y lidiar con nuestro mundo natural, se ha vuelto cada vez más complejo, a la vez que más indispensable. Al igual que en la mayoría de las áreas del conocimiento, en las ciencias biológicas, particularmente en la ecología, el pensamiento sistémico se fue incorporando a través del concepto de *ecosistemas*, el cual concibe a los organismos interactuando con los elementos abióticos de su ambiente para utilizar y transformar la materia y la energía disponibles, así como para reciclar el carbono, el agua y los demás elementos minerales esenciales para la vida (Odum, 1953; Maass y Martínez-Yrizar, 1990; Aber y Melillo, 1991; Chapin *et al.*, 2011).

Con el enfoque de ecosistemas, en la década de los sesenta, se comenzó a reconocer que los procesos naturales operan a diferentes escalas de tiempo y espacio y, sin embargo, todos estos procesos están íntimamente relacionados y acoplados. Ya que se habían estudiado de manera separada, cada uno en su propia disciplina (física, química, biología, geología), se reconoció la necesidad de incentivar el trabajo conjunto entre los gremios de las ciencias biológicas y los de las ciencias de la tierra.

En la década de los años setenta, programas internacionales como el IBP (International Biological Program), mostraron la necesidad del trabajo grupal e interdisciplinario para estudiar propiedades del ecosistema, como son la productividad primaria y los ciclos biogeoquímicos en los principales biomas del planeta (Golley, 1993). Estos estudios no sólo comenzaron a entender la manera en que los diferentes ecosistemas se estructuran y funcionan, sino que además, dieron lugar a una mejor percepción sobre el impacto que las actividades humanas tienen sobre dicha estructura y en su funcionamiento. Con el reconocimiento de que el impacto de la actividad humana en el ambiente ha rebasado las escalas regionales y alcanzado escalas globales, en la década de los ochenta se detonaron iniciativas internacionales, tales como el IGBP (International Geosphere-Biosphere Program), para estudiar los posibles efectos del cambio planetario generado por el ser humano (Steffen *et al.*, 2004).

Esta ciencia global no sólo mostró una clara conexión entre el deterioro ambiental y los patrones de desarrollo socioeconómico predominantes, también dio una voz de alerta sobre la severa escasez de información de largo plazo, necesaria para entender los procesos que operan a escalas regionales y globales. En los noventa, el lanzamiento del Programa Internacional de Investigación Ecológica de Largo Plazo (ILTER, por sus siglas en inglés) fue una respuesta a esta necesidad de información a escalas amplias, promoviendo la investigación científica en los principales ecosistemas del planeta con un enfoque ecosistémico y de largo plazo (Gosz, 1996; Gosz *et*

al., 2010). Conforme se han ampliado las escalas de tiempo y del espacio en el estudio del ambiente, se ha ido develando la magnitud de la crisis ambiental, al demostrar lo insustentable de los procesos productivos que emplean los actuales modelos de desarrollo y la fuerte dependencia que tiene la sociedad hacia los recursos y servicios que les brindan los ecosistemas naturales.

A principios de este siglo, el programa internacional conocido como MA (Millennium Ecosystem Assessment) se implementó precisamente para identificar estos servicios ambientales y evaluar, a escala global, la capacidad actual de los ecosistemas naturales para proveer dichos servicios (MA, 2005). Hoy en día, este reconocimiento, por un lado, de la dependencia del ser humano sobre los bienes y servicios que le brindan los ecosistemas y, por el otro, de su capacidad para transformarlos más allá de su entrono local y regional, ha reafirmado la visión de que los ecosistemas y los sistemas sociales están íntimamente integrados, y que su estudio y gestión no pueden hacerse de manera separada. Programas más recientes como el Global Land Project (GLP, 2005) se concibieron precisamente para integrar mejor el entendimiento de estos sistemas socioecológicos acoplados (a los que yo me refiero como *socioecosistemas*). De hecho, se trata de una propuesta que conjunta los esfuerzos del IGBP con su equivalente social, el IHDP (International Human Dimensions Program on Global Change).

Conforme se ha ido develando la complejidad del predicamento ambiental en el que nos encontramos, se ha ido reafirmando la necesidad de desarrollar e implementar nuevos enfoques y métodos en la práctica científica que permitan generar el conocimiento necesario para abordar los grandes retos que conlleva el desarrollo sustentable. Esta práctica científica requiere de una perspectiva global y de sistemas en el que prevalezca el trabajo grupal e interdisciplinario, con un enfoque multiescalar, de largo plazo y *transdisciplinario*. Es decir, el reto no sólo es resolver el severo problema que significa la fragmentación del conocimiento (Norgaard, 2008) e implementar una verdadera ciencia interdisciplinaria, sino también resolver la urgente necesidad de hacer una ciencia más comprometida con la sociedad (García, 1994; Vaughan *et al.*, 2007; Fisher *et al.*, 2015, Maass, *en prensa*). Es en este tenor que surge “Future Earth”, una iniciativa de la Naciones Unidas en la que no sólo se busca generar conocimiento científico para lograr la sustentabilidad planetaria, sino que además se busca hacerlo en colaboración con los gobiernos, las empresas y, más ampliamente, con la sociedad en su conjunto (ICSU, 2012; Mauser, 2013). Bajo la sombrilla de Future Earth, surge uno de los programas internacionales más recientes en materia ambiental sobre “Cambio en los ecosistemas y la sociedad”, conocido como PECS, por sus siglas en inglés (“Programme of Ecosystem Change and Society”), el cual,

como detallaré más adelante, promueve la investigación *transdisciplinaria* para el manejo sustentable de *socioecosistemas*.

#### LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD

La agenda de la investigación y la práctica para la sustentabilidad es enorme e incluye aspectos apremiantes como: el cambio demográfico, la rápida urbanización, el incremento en el consumo, la dependencia de combustibles fósiles, la presión agrícola sobre el territorio, la transformación de los ecosistemas naturales y las consecuencias de todo ello expresadas en el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación ambiental, la incertidumbre en los suministros de agua, la inseguridad alimentaria, la pobreza persistente, la inequidad social y, en resumen, la sostenibilidad de los modelos predominantes de desarrollo (Kates y Parris, 2003). Se ha comenzado a reconocer que este tipo de problemas son particularmente complicados, difíciles de definir, con muchas causas interdependientes, inestables y con consecuencias inesperadas. Estos problemas se conocen en la literatura como “perversos” (“*wicked*”) y no tienen solución fácil (APSC, 2007).

Dado que en ellos intervienen seres humanos, estos problemas ambientales “perversos” involucran cambios de comportamiento social repentinos, por lo que requieren la coordinación de muchos sectores sociales (gobierno, educadores, empresarios, productores, campesinos, organizaciones civiles, etc.). Es decir, estos problemas requieren una atención de tipo transversal (De Fries *et al.*, 2017), de tal forma que los asuntos de manejo de ecosistemas no sólo crucen los límites administrativos y disciplinarios, sino que además lo hagan atendiendo problemas de inequidad (económica, disciplinaria, de género, etc.). En este sentido, el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU, por sus siglas en inglés), junto con su contraparte social, el Consejo Internacional de Ciencias Sociales (ISSC), han identificado los grandes retos de esta nueva práctica científica, y en una publicación que denominan “Un enfoque de sistemas para el establecimiento de prioridades de investigación para la década” (ICSU, 2010), enlistaron las siguientes prioridades: mejorar teorías, modelos y escenarios socioambientales desde lo local hasta lo global; priorizar el monitoreo sociobiofísico y entrega eficiente de información; armar un marco conceptual para la predicción del riesgo ante el cambio global; dar opciones de acción efectiva y resiliente; diseñar instituciones reconociendo asimetrías en el poder y facilitando la acción colectiva; acelerar la innovación social y tecnológica ante el cambio global; explorar costos/ beneficios/ riesgos de alternativas sustentables; idear enfoques integrales de investigación y prácticas participativas que informen, moti-

ven y empoderen a las comunidades locales; y, en general, mejorar la capacidad de investigación *inter* y *transdisciplinaria*, con un enfoque de sistemas para abordar los problemas de la sustentabilidad global.

No puede ser más pertinente atender este reto científico de abordar los problemas desde la perspectiva de sistemas y establecer prioridades de investigación científica a escala global. Como lo plantea O'Neill (2001), el problema fundamental es que en pocos años hemos movido al ecosistema fuera de las condiciones ambientales que han existido a lo largo de nuestra historia evolutiva (de millones de años), con consecuencias altamente inciertas y riesgosas. Si bien los ecosistemas no requieren del ser humano para operar, en cambio, los seres humanos dependemos enormemente de los ecosistemas. Hace ya décadas, Uno Sveding (en su momento miembro del Consejo Científico de Suecia), nos advertía que a escala global no tenemos otra opción más que mantener el sistema de soporte de vida de la Tierra, pues si los umbrales críticos son cruzados y el sistema terrestre global cambia de estado a uno menos amigable para la vida humana, entonces la vida tal y como la conocemos — sistemas sociales, económicos y políticos— dejará de tener sentido. Es por ello que “los ecosistemas y su manejo sostenible” se identificó como un aspecto clave a ser incorporado en la agenda internacional, constituyendo una de las seis prioridades del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) 2010-2013 (Perrot-Maitre, 2010).

No puede ser más explícito este reconocimiento, en los más altos niveles internacionales de política pública, sobre la enorme importancia de la conservación de los ecosistemas naturales y la necesidad de investigación científica e innovación tecnológica para lograrlo. Una vez identificadas las prioridades, su incorporación se vuelve obligada en toda agenda nacional de desarrollo. Las preguntas que surgen son: ¿cómo abordamos tal complejidad?, ¿cómo aterrizamos dichos planteamientos a nivel local y en el contexto nacional? Es aquí donde me parece que la perspectiva *socioecosistémica* puede ser de gran ayuda.

## EL MARCO CONCEPTUAL DE LOS SOCIOECOSISTEMAS

*Sobre los ecosistemas.* Para comprender el concepto de *socioecosistema*, es importante primero aclarar algunos aspectos del concepto de *ecosistema* (Odum, 1969; Maass y Martínez-Yrizar, 1990; Aber y Melillo, 1991; Chapin *et al.*, 2011). Desde su postulación por Tansley (1935), el concepto de *ecosistema* ha evolucionado conforme éste se ha ido incorporando en el discurso, no sólo científico sino también técnico y cultural. Hoy en día el término

*ecosistema* es utilizado de manera amplia, bajo diferentes contextos y con significados diversos, generando lo que yo llamo el problema ontológico, pues tiene que ver con la manera como concebimos a los componentes de la realidad (Maass, en prensa). Es por ello necesario hacer algunas precisiones sobre el significado del concepto.

Tradicionalmente, en los libros de ecología se ve al ecosistema como una escala de organización en la naturaleza que está por encima de los individuos y las poblaciones, y por debajo de los biomas o regiones biogeográfica, por lo que comúnmente se le ubica en escalas temporales de décadas y espaciales de km<sup>2</sup>. Sin embargo, es importante entender que, desde la perspectiva sistémica, los *ecosistemas* tienen un carácter jerárquico y anidado, en el que un sistema es parte de un sistema más grande, que lo contiene, y al mismo tiempo está conformado por varios subsistemas que forman parte de él. Esto es, se puede concebir y estudiar a un ecosistema tan pequeño como una gota de agua o tan grande como el planeta en su conjunto pero, en cualquier caso, siempre será necesario entender la relación funcional de la escala espacio-temporal particular a la que se está enfocando el estudio o manejo del ecosistema y las escalas superiores o inferiores (Maass, 2017). Es por ello que la sustentabilidad debe estudiarse o buscarse a una escala por encima del nivel que se desea (Maass, 1999). Así las cosas, si se quiere lograr la sustentabilidad de la parcela campesina, será necesario abordar a la comunidad completa; si se busca la sustentabilidad de una ciudad, se debe trabajar a nivel de toda la cuenca en la que está embebida; la sustentabilidad regional sólo se podrá lograr en el contexto de la sustentabilidad nacional, y ésta sólo si se aborda desde una perspectiva global.

Es también común que con el término de *ecosistemas* se haga referencia a comunidades ecológicas o tipos de vegetación. Por ejemplo, se hace referencia al bosque de pinos, al manglar, a la selva baja caducifolia, al matorral xerófilo o a los arrecifes de coral como tipos de ecosistemas. Sin embargo, es importante recordar que los ecosistemas son sistemas abiertos. Por ejemplo, las relaciones funcionales que determinan la dinámica hídrica de un lago no terminan en su orilla. De igual forma, los pumas de la región de Chamaela constantemente se están moviendo entre la zona costera, los lomeríos con selvas bajas, las selvas medianas a altitudes mayores y los bosques de pino y encino en las partes más altas de la sierra. Si se quiere estudiar, manejar o conservar el ecosistema en el que se desenvuelve el puma, por continuar con el ejemplo, se tiene que incluir a todo este mosaico de ambientes y tipos de vegetación que forman parte de su ámbito o territorio.

El término *ecosistema* también se ha utilizado como sinónimo de “ambiente”, el cual es muy incluyente pero, por el hecho de ser tan general, resulta ambiguo a la hora de querer aterrizar aspecto prácticos: ¿qué es el ambiente;

qué tipo de ambientes hay, cuáles son sus componentes; qué relación hay entre ellos; cómo está estructurado; cómo funciona; qué propiedades tiene; hasta dónde llega el ambiente; etc.? El concepto de ecosistema reconoce el carácter sistémico del ambiente; identifica claramente sus componentes bióticos y abióticos; define sus relaciones con base en flujos de materia y energía; reconoce su carácter dinámico y cibernético en el que operan procesos de retroalimentación positiva y negativa que sacan y regresan al sistema a un estado en particular; identifica una estructura jerárquica en la que los procesos se producen a diferentes escalas espaciales y temporales; reconoce su carácter abierto con capacidad de influenciar y, a su vez, ser influenciados por otros ecosistemas; reconoce la existencia de propiedades emergentes, producto de un todo integral (por ejemplo, la resiliencia del ecosistema), que no se puede definir como una simple suma de las partes; etc. Lo anterior enfatiza el hecho de que hablar de ecosistemas es referirse a la naturaleza desde una perspectiva de sistemas (Bertalanffy, 1950), con todas las implicaciones que eso conlleva, tanto desde el punto de vista conceptual como metodológico (Odum, 1969; Maass y Martínez-Yrizar, 1990; Aber y Melillo, 1991; Chapin *et al.*, 2011).

Los *ecosistemas*, en nuestro planeta, surgen con la aparición de la vida, la cual, a su vez, surge de un sistema físico-químico que le da soporte. Los *ecosistemas* se originaron y evolucionaron durante millones de años, antes de que el ser humano apareciera en escena, por lo que es evidente que no requieren del ser humano para operar. De hecho, los *ecosistemas* naturales son una referencia obligada de sustentabilidad, ya que en su gran mayoría han mostrado una relativa estabilidad al ser capaces de mantener su estructura y funcionamiento por miles o cientos de miles de años. Ante este hecho surge la pregunta si los seres humanos somos parte de los ecosistemas. Ciertamente, durante los últimos cuatro o cinco millones de años, los homínidos han sido parte de la dinámica funcional de los ecosistemas. Inclusive ya como *homo sapiens*, durante cientos de miles de años nos comportamos como una especie más de los ecosistemas naturales. Sin embargo, a diferencia del resto de las especies del planeta, nuestro desarrollo cultural y tecnológico nos ha dado la capacidad para transformar sin precedentes a los ecosistemas, más allá de las escalas locales, rebasando las escalas regionales y alcanzando al planeta en su conjunto (Ehrlich, 2002; Diamond, 2010; Boyd, 2018). Y no es que los seres humanos hayamos dejado de ser una especie biológica, pero como plantean Jablonka y Lamb (2014), además de los procesos genéticos y epigenéticos que tienen los organismos para almacenar y transmitir información de una generación a otra, los animales transmiten información mediante procesos conductuales. Estos autores documentan con mucho detalle que los seres humanos no sólo compartimos esos procesos

sino que, además, tenemos un sistema hereditario basado en la transmisión de información mediante un lenguaje simbólico que juega un papel substancial en nuestro proceso evolutivo. Es decir, puntualizan, que junto con la genética, la epigenética y el comportamiento, el ser humano tiene además la herencia simbólica como proveedor de variación sobre la cual la selección natural actúa. Esto es, debemos reconocer que hoy en día ya no somos una especie más en los ecosistemas. De hecho, y a diferencia de otras especies, no existe un solo lugar en el planeta en donde no se perciba nuestra presencia (Boyd, 2018), y es tal el impacto del humano sobre éste que se ha planteado llamar al presente como la era del “anthropoceno” (Crutzen y Stoermer, 2000).

*Sobre los socioecosistemas.* Ahora bien, para entender el concepto de *socioecosistemas* es importante reconocer que de igual forma que la aparición de la vida trajo consigo el surgimiento de los ecosistemas, con propiedades emergentes producto de su capacidad de almacenar información genética (vía procesos evolutivos de corte biológico), la aparición del ser humano trajo consigo el surgimiento de los *socioecosistemas*, con propiedades emergentes producto de su capacidad de almacenar información de forma simbólica (vía procesos evolutivos de corte cultural). Esto es, el lenguaje simbólico, inicialmente de forma hablada (y posteriormente también en forma escrita), aumentó enormemente la capacidad del sistema terrestre de acumular información y evolucionar en sistemas mucho más complejos. Así como los ecosistemas surgen a partir de los sistemas físico-químicos, los *socioecosistemas* surgen a partir de los ecosistemas (Maass, 2017). No es que el ser humano esté por encima de los ecosistemas o que haya evolucionado de manera independiente para luego acoplarse a ellos, sino que, más bien, hay que concebir a los ecosistemas como una parte esencial e integral del fenómeno humano, por lo que éste no se puede concebir sin los ecosistemas naturales. De allí la preocupación que genera su deterioro acelerado ante la importancia que tienen como los encargados de mantener el sistema de soporte de vida del planeta (Ehrlich y Ehrlich, 1991). Lo más grave es que, dadas las escalas a las que operan los procesos ecológicos que mantienen los servicios ecosistémicos (e.g. miles de km<sup>2</sup> para el caso del control del clima), así como el enorme número de especies diferentes que participan en dichos proceso (e.g. cientos de miles para el caso del control de poblaciones), es cada vez más evidente el hecho de que la tecnología simplemente no puede reemplazarlos (Vitousek, 1992; Daily *et al.*, 1997).

Es en este contexto de inexorable dependencia de los seres humanos con los ecosistemas en donde se enmarca el concepto de *socioecosistema*, y es en este “todo integrado” donde se ubica precisamente lo que se considera debe ser el sujeto de manejo sustentable. Esto es, la búsqueda de la susten-

tabilidad debe enfocarse al conjunto fuertemente integrado de una realidad que la ciencia moderna ha concebido y estudiado de manera separada: una de corte ecológica y otra de corte social. Es por ello indispensable reconocer que estos dos ámbitos interaccionan de tal forma que la condición del sistema en su conjunto, así como su respuesta a las fuerzas exógenas (tales como las políticas económicas regionales/globales y el cambio climático) son producto de las sinergias entre ambos subsistemas (Kaya *et al.*, 1999). Por ejemplo, el *socioecosistema* urbano de la ciudad de Monterrey, no sólo es la ribera del río Santa Catarina (con sus pastos, mezquites, ratones, arena y desbordes naturales de agua), sino la compleja interacción que se produce entre ese ecosistema semiárido y la ciudad de Monterrey que ha crecido encima (con sus edificaciones, calles pavimentadas, drenajes y procesos económicos y sociales). De igual forma, y por dar algunos ejemplos más sobre la perspectiva del *socioecosistema*, no sólo debemos interesarnos por el germoplasma de las especies nativas del valle de Tehuacán, sino cómo éste es identificado, domesticado y conservado por la población local; no sólo debemos enfocarnos al estudio de los bosques de Oaxaca, sino también incorporar el entendimiento de los conflictos de tenencia de la tierra y de las presiones que tienen los lugareños para transformarlos en cultivos de maíz o campos ganaderos; debemos estudiar la dinámica de las poblaciones de camarones en una laguna costera, pero también los problemas económicos y sociales que se generan cuando cambia la calidad y cantidad de agua de la laguna, producto del cierre artificial de la barra o la instalación de presas en la parte alta de sus ríos de alimentación.

El *socioecosistema*, como un sistema integrado por componentes bióticos, abióticos y humanos adquiere propiedades emergentes más allá de la suma de las propiedades de sus partes, tales como su carácter holárquico, no lineal, dinámicamente estable, con múltiples estados estables y con posibilidades de un entrar en un comportamiento caótico y catastrófico (Kaya *et al.*, 1999). Propiedades que deben ser reconocidas explícitamente a la hora de estudiarlos e intentar manejarlos (usarlos, conservarlos o recuperarlos) de manera sustentable. Al adoptar el enfoque de *socioecosistemas* se echa mano de todo un bagaje de herramientas conceptuales y metodológicas que se han ido incorporando a lo largo de los últimos 50 años de investigación ecosistémica y social. Me refiero a conceptos como resiliencia ecológicas (Gunderson y Holling, 2002), manejo adaptativo (Holling, 1978), manejo integrado de cuencas (Sanford y Poole, 1996; Maass y Cotler, 2007), monitoreo comunitario (Burgos *et al.*, 2013), ordenamiento ecológico comunitario (Negrete y Bocco, 2003), integridad ecosistémica (Equihua *et al.*, 2014), etcétera.

El término de “*socioecosistema*” (sinónimo al de “sistema socioecológico” de Berkes y Folke, 1998), es una contracción del lenguaje cuyo uso prefiero, ya que da una mejor idea del sistema “humano-biofísico integrado”, del cual somos parte, haciendo más explícito el hecho de que hemos surgido y evolucionado de manera conjunta a partir de los ecosistemas naturales (Maass, en prensa). Dado su carácter jerárquico, la interacción de los ámbitos físico-químico, biológico y social en los *socioecosistemas* se puede dar a diferentes escalas de tiempo y espacio (un campesino y su parcela agrícola; una ciudad junto con la cuenca hidrológica en la que está embebida; los mexicanos junto con el territorio nacional; el planeta como un todo). Y es precisamente el carácter jerárquico de los *socioecosistemas* lo que nos permite abordar su complejidad analizando con detalle la interacción que se da entre la escala a la que se enfoca el problema y las inmediatamente superior e inferior (Maass, 2017). De hecho, en la definición de la escala de análisis a la que se va a enfocar el manejo, resulta crucial considerar las escalas a la que ocurren los procesos ecológicos que controlan los servicios ambientales que mantienen al sistema social en cuestión, así como la escala a la que se toman las decisiones que afectan dichos procesos ecológicos (Saldaña, 2008). También es importante reconocer que la velocidad de respuesta de un sistema a los efectos del manejo es proporcional a la escala de trabajo. En cuencas pequeñas, la respuesta es mucho más rápida (unos cuantos años), mientras que al trabajar con escalas regionales o nacionales, los efectos tardarán décadas en aparecer. De allí la importancia de trabajar a escalas locales, particularmente si se está utilizando el manejo adaptativo, en el que el monitoreo se vuelve una herramienta importante.

Existen varias propuestas que conceptualizan la manera como estos dos subsistemas (ecológico y social) interactúan como un todo *socioecosistémico* integrado (e.g. Berkes y Folke, 1998; Collins *et al.*, 2011; GLP, 2005; MA, 2005). Todas ellas reconocen, por un lado, la provisión de servicios ambientales que brinda el subsistema biofísico al subsistema social (en términos de bienestar social) y, por el otro, y a manera de mecanismo de retroalimentación, las decisiones de manejo que se toman en el subsistema social y que se traducen en un régimen de intervención (pulsos y presiones) sobre el ecosistema natural (Collins *et al.*, 2011). La diferencia entre un programa de manejo de ecosistemas y uno enfocado en el *socioecosistema*, radica en la manera como se incorpora al subsistema social en el proceso de manejo. Tradicionalmente, los ecólogos hemos puesto nuestro esfuerzo en entender la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la manera como éste responde a la perturbación humana. Con base en ello, los ecólogos proponemos intervenciones técnicas para el manejo sustentable del ecosistema, tales como: prácticas de control de erosión, estrategias para restaurar la co-

bertura vegetal, métodos para incrementar las poblaciones de peces, sistemas de tratamiento de agua, etc. Sin embargo, esto no es suficiente. Para que las intervenciones de tipo técnico se implementen, debe haber conciencia e interés por parte de los tomadores de decisiones y personas involucradas en el proceso de manejo (campesinos, productores, empresarios, autoridades, etc.). Más aún, es indispensable que existan las condiciones de gobernanza y desarrollo institucional adecuadas para conseguir los recursos y administrarlos adecuadamente. Esto es, se requiere lo que Castillo (2003) define como intervenciones comunicativas, y lo que Medardo Tapia y Raúl García Barrios (comunicación personal.) denominan como intervenciones institucionales. Esta diversidad de intervenciones (técnicas, comunicativas e institucionales) requieren de una igual diversidad en la participación de los sectores sociales en los programas de manejo (Maass, 2012). Y es precisamente ante la necesidad de promover el enfoque *transdisciplinario* en la ciencia que surge la iniciativa del Programa sobre el Cambio en los Ecosistemas y la Sociedad (PECS, por sus siglas en inglés). Carpenter *et al.* (2009), reconociendo que muchas políticas públicas y prácticas de manejo que intentan mejorar los servicios ecosistémicos y el bienestar humano están basadas en supuestos no comprobados e información dispersa, propusieron el PECS, con el fin de estudiar de manera más intensa la manera como los flujos de recursos y servicios que nos proveen los ecosistemas naturales tienen efectos en el bienestar humano, haciendo explícitas las disyuntivas entre conservar y utilizarlos. Esto es, PECS promueve una investigación de corte *socioecosistémica* y *transdisciplinaria*, anclada en sitios y de largo plazo, que permite entender la relación entre el capital natural y el capital social, el bienestar humano, los modos de vida, la inequidad y la pobreza (Carpenter *et al.*, 2012).

#### HACIA UN OBSERVATORIO NACIONAL DE SOCIOECOSISTEMAS

No ha sido fácil la transición a la interdisciplina dadas las rígidas estructuras académicas y administrativas (por ejemplo, se puede mencionar lo complejo que resulta la contratación de investigadores de ciencias sociales en institutos de ciencias naturales, y viceversa). Con este antecedente, es importante reconocer que la transición a la *transdisciplina* está resultado aún más compleja y costosa, pues, al parecer, ésta requiere de una directa, intensa y constante interacción de la academia con sectores no académicos. Los científicos no sólo tenemos poco entrenamiento para hacerlo, sino que además tenemos pocas motivaciones y estímulos para llevarlo a cabo. Además existen los impedimentos administrativos. ¿Cómo brincar a la *transdis-*

*ciplina* en un sistema montado en la meritocracia, y en la que los criterios de admisión y permanencia son estrictamente académicos (pertenencia al SNI, publicaciones en revistas ISI, experiencia postdoctoral, etc.)? ¿Cómo lograr trabajar codo a codo con otros sectores sociales tan distintos en sus motivaciones, intereses y formas de laborar? La clave para responder a estas interrogantes es reconocer, como plantean Maass y Equihua (2015) que:

Hay una diferencia importante entre el enfoque transversal (trabajar con diferentes sectores sociales) y el enfoque transdisciplinario (trabajar con diferentes fuentes de conocimiento). La primera es una herramienta de desarrollo y la segunda es una postura epistemológica. Necesitamos a ambas. Sin embargo, los científicos no requerimos, necesariamente, convertirnos en productores agrícolas, en desarrolladores de política pública, o en empresarios, [ni estos requieren ser incorporados a los institutos de investigación o en los comités tutoriales de nuestros alumnos.] Pero, para ser capaces de realizar investigación científica de manera verdaderamente transdisciplinaria, tenemos que participar en situaciones reales de desarrollo, como otro sector más embebido en la colectividad.

Es decir, es mediante la participación en el trabajo transversal como los científicos podemos acceder al conocimiento generado por los otros sectores sociales y transitar hacia un trabajo *transdisciplinario*. Como bien apunta Spangenberg (2011), mientras que los científicos participamos como expertos en conocimiento riguroso, los otros sectores participan como expertos en conocimiento práctico y pertinente. Así, por ejemplo, mientras que los científicos tiene herramientas conceptuales y metodológicas muy eficientes para estudiar la ecofisiología de las plantas del bosque tropical seco en la región de Chamela, los campesinos locales tiene la experiencia y el conocimiento para identificar cuál, de las más de mil especies de plantas vasculares que hay en la región, se debe estudiar para resolver algún problema concreto de manejo (uso, conservación o restauración) del ecosistema.

La *transdisciplina* requiere, entonces, de la construcción de espacios intersectoriales o arenas de discusión que permitan contactar, convocar y promover la comunicación entre diferentes sectores sociales involucrados en el manejo integrado del *socioecosistema*, y que estimule no sólo la generación de conocimiento conjunto, sino además la generación de acuerdos con la confluencia de aspiraciones e intereses del colectivo, a través de un eficiente proceso de negociación. Este proceso se debe dar a diferentes niveles, desde los locales hasta los federales e inclusive internacionales.

Reconociendo que ya existen en México experiencias exitosas de investigación *transdisciplinaria* para el manejo sustentable de *socioecosistemas*, en días recientes (noviembre del 2017) se realizó en la ciudad de Oaxaca,

México, un taller sobre “Monitoreo socioecológico de largo plazo”, por parte de la Red temática de CONACYT sobre “Socioecosistemas y Sustentabilidad” (Red SocioecoS). La reunión fue convocada ante el interés, por parte de la Red, del armado de un observatorio de *socioecosistemas*. La idea es crear un mecanismo que promueva la documentación, el acceso, el contacto, la visibilidad, la sociabilización y, en términos generales, la comunicación y el aprendizaje colectivo entre grupos con experiencia en la investigación *transdisciplinaria* de manejo sustentable de *socioecosistemas* en el país.

Para aquellos que estamos interesados en promover la conservación del capital natural del país, nos queda claro que no es posible decretar a todo el país como “reserva ecológica”, pero desde la perspectiva *socioecológica*, sí podemos concebir la idea de un proceso que conduzca a que todo el país cuente con un manejo sustentable de sus ecosistemas. Para lograrlo, es indispensable promover la creación de un Observatorio Nacional de Socioecosistemas en México, como parte de la Agenda Nacional de Desarrollo.

#### EN RESUMEN

La complejidad del predicamento ambiental actual ha ido reafirmando la necesidad de desarrollar e implementar nuevos enfoques y métodos en la práctica científica que permitan generar el conocimiento necesario para abordar los grandes retos que conlleva el desarrollo sustentable. Esta problemática ambiental es de difícil solución, no sólo ante la diversidad de los aspectos físicos, biológicos y humanos que los componen, sino porque estos últimos incluyen cambios de comportamiento repentinos e inesperados, obligando a la necesidad de coordinar una gran variedad de sectores sociales. Sin embargo, esta tarea de coordinación no ha sido fácil ante la excesiva sectorización del quehacer gubernamental y la fragmentación del conocimiento científico. El reto de armar una Agenda Nacional verdaderamente integral y transversal, requiere cruzar los límites administrativos y disciplinarios, y para ello se requieren marcos conceptuales unificadores. Identificarlos es de suma importancia ya que, dependiendo de cómo percibimos y entendemos el mundo, diseñamos e implementamos las formas de resolver nuestros problemas.

El enfoque *SocioEcoSistémico* (abreviado como SES por sus tres elementos: Social-Ecológico-Sistémico) es una visión integradora del mundo, que surge desde una perspectiva sistémica (abierta, cibernética, jerárquica y no lineal), en la que agentes abióticos, bióticos y humanos interactúan de manera compleja, conformando arreglos espaciales y temporales de carácter mul-

tiescalar, de forma autoorganizada y también mediante procesos inducidos, evolucionando como un todo integrado. El enfoque *socioecosistémico* reconoce la naturaleza sociobiológica-físicoquímica del fenómeno humano, el cual almacena información no sólo genética, sino también de corte estructural y, sobre todo, simbólica. Así mismo, el enfoque *socioecosistémico* reconoce la existencia de procesos físico-químicos, biológicos y socioculturales que, en su conjunto, definen o inducen la dirección del *socioecosistema* mediante procesos de carácter físico-químicos (teleomáticos), biofísicos (teleonómicos) y humano-biofísicos (teleológicos). El enfoque de *socioecosistemas* hace explícita la íntima conexión entre el ser humano y su ambiente natural, así como nuestra fuerte dependencia del mantenimiento de la matriz ecosistémica, de la que surgimos como especie y con la que evolucionamos de manera conjunta. Esta nueva visión del mundo desde la perspectiva *socioecosistémica*, nos obliga a cambiar la manera cómo lo valoramos, cómo nos aproximamos en su estudio, y cómo interactuamos y nos organizamos como sociedad para lidiar con él. Esto es, un cambio de paradigma ontológico del mundo, como lo es el enfoque *socioecosistémico*, trae consigo un cambio de paradigma ético, epistemológico, metodológico, económico e institucional, que nos lleva al gran reto de la investigación *transdisciplinaria* y de largo plazo para el manejo adaptativo y sustentable de los *socioecosistemas*.

Es mediante la participación en el trabajo transversal como los científicos podemos acceder al conocimiento generado por los otros sectores sociales y, con ello, transitar hacia la *transdisciplina*. Ya existen en México experiencias exitosas en este sentido y debemos fomentar la documentación, el acceso, el contacto, la visibilidad, la sociabilización y, en términos generales, la comunicación y el aprendizaje colectivo entre grupos que practican este tipo de aproximación epistemológica. Finalmente, se ha propuesto que la Agenda Nacional de Desarrollo incluya el armado de un Observatorio Nacional de Socioecosistemas en México, a fin de promover la investigación *transdisciplinaria* para el manejo sustentable de *socioecosistemas* que tanto requiere nuestro país.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco a José Luis Calva su invitación a participar en el foro de discusión sobre sustentabilidad y desarrollo ambiental. Las ideas aquí planteadas son producto de múltiples discusiones con colegas y estudiantes a quienes agradezco su paciencia e interés por intercambiar ideas. Particularmente agradezco las conversaciones con los doctores Miguel Equihua, Antonio Ziri6n,

Patricia Balvanera, Tuyeni Mwampamba, Juan Emilio Sala, Ana Burgos, Alicia Castillo, Andrés Camou, Adriana Flores, Víctor Jaramillo, Angelina Martínez Yrizar, Agustín Robles y al Comité Técnico Académico de la Red de Socioecosistemas y Sudentabilidad (Red SocioecoS) del CONACYT. De igual forma agradezco a Raúl Ahedo, Alberto Valencia, Heberto Ferreira y Atzimba López por su apoyo en la elaboración del presente manuscrito. Finalmente agradezco al CONACYT, tanto a su Programa de Ciencia Básica, como el de Redes Temáticas, así como a la UNAM por el apoyo económico brindado en los últimos años para la consecución de proyectos de investigación ligados al tema de manejo de *socioecosistemas*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aber, J.D. and J.M. Melillo (1991), *Terrestrial Ecosystems*, Saunders C. Pu., Philidelphia, USA, 430 pp.
- APSC (Australian Public Service Commission) (2007), *Tackling Wicked Problems, A Public Policy Perspective*, Canberra, APSC, disponible en <<http://www.apsc.gov.au/publications07/wickedproblems.pdf>>.
- Berkes, F and C. Folke (eds.) (1998), *Linking Social and Ecological Systems, Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Bertalanffy, L. (1950), "An Outline of General System Theory", en *The British Journal for the Philosophy of Science*, 2(1), pp. 134-165.
- Boyd, R. (2018), *A different kind of animal, How culture transformed our species*, Princeton and Oxford, Princeton University Press.
- Burgos, A.; J.M. Maass, G. Ceballos, M. Equihua, E.J. Jardel, R.A. Medellín, L. Hernández, R. Ayala y A. Equihua (2007), "La investigación ecológica a largo plazo (LTER) y su proyección en México", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. 33, núm. 204, México, Conacyt, pp. 24-31.
- Burgos, A.; R. Páez, E Carmona and H. Rivas (2013), "A systems approach to modeling community-based environmental monitoring, a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico", *Environ Monit Assess* 185(12), pp. 10297-10316.
- Calva, J.L. (coord.) (2007), *Agenda para el desarrollo*, vol. 14, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*, México, Miguel Ángel Porrúa/UNAM/Cámara de Diputados-LX Legislatura.
- Calva, J.L. (coord.) (2012), "Cambio Climático y políticas de desarrollo sustentable", *Colección Análisis Estratégico para el Desarrollo*, México, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios, vol. 14, 416 pp.
- Castillo, A. (2003), "Comunicación para el manejo de ecosistemas", en *Tópicos en Educación Ambiental*, núm. 3, pp. 58-71.

- Carpenter, S.R., C. Folke, A. Norström, O. Olsson, L. Schultz, B. Agarwal, P. Balvanera, B. Campbell, J.C. Castilla, W. Cramer, DeFries, P. Eyzaguirre, T. P. Hughes, S. Polasky, Z. Sanusi, R. Scholes and M. Spierenburg (2012), “Program on ecosystem change and society: an international research strategy for integrated social-ecological systems”, *Current Opinion on Environmental Sustainability* 4(1), pp. 1-5, disponible en <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2012.01.001>>.
- Carpenter, S.R.; H.A. Mooney, J. Agard, D. Capistrano, R.S. Defries, S. Díaz, T. Dietz, A.K. Duraiappah, A. Oteng-Yeboah, H.M. Pereira, C. Perrings, W.V. Reid, J. Sarukhan, R.J. Scholes, and A. Whyte (2009), “Science for managing ecosystem services, beyond the Millennium Ecosystem Assessment” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(5), pp. 1305-1312, disponible en <<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0808772106>>.
- Chapin III, S.S.; P.A. Matson and P. Vitousek (2011), *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (Second Edition), New York, Springer.
- Collins, S.L., S.R. Carpenter, S.M. Swinton, D.E. Orenstein, D.L. Childers, T.L. Gragson, N.B. Grimm, J. M. Grove, S.L. Harlan, J. P. Kaye, A.K. Knapp, G.P. Kofinas, J.J. Magnuson, W.H. McDowell, J. M. Melack, L.A. Ogden, G.P. Robertson, M.D. Smith and A.C. Whitmer (2011), “An integrated conceptual framework for long-term social–ecological research”, *Frontiers in Ecology and the Environment* 9, pp. 351–357, disponible en <<http://dx.doi.org/10.1890/100068>>.
- Crutzen, P.J. and E.F. Stoermer (2000), “The ‘Anthropocene’”, en *Global Change Newsletter*, núm. 41, pp. 12-13.
- Daily, G.C., S. Alexander, P. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H. Mooney, S. Postel, S.T. Scheneider, D. Tilman and G.M. Woodwell (1997), “Ecosystem Services, Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems”, *Issues in Ecology*, núm. 2.
- DeFries, R. and H. Nagendra (2017), Ecosystem management as a wicked problem, *Science* (356), pp. 265-270.
- Diamond, J. (2010), *Armas, gérmenes y acero*, Barcelona, Editorial Debolsillo.
- Ehrlich, P.R. (2002), *Human Natures, Genes, Cultures and the Human Prospect*, Nueva York, Penguin Books.
- Ehrlich, P.R. y A.H. Ehrlich (1991), *Healing the Planet: Strategies for Resolving the Environmental Crisis*, Center for Conservation Biology-Stanford University/Addison Wesley.
- Equihua, M., N. García-Alaniz, O. Pérez-Maqueo, G. Benítez, M. Kolb, M., Schmidt, et al. (2014), “Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental”, en C.A. González Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez-Jimé-

- nez, y A. M. Low Pfeng (eds), *Bioindicadores: Guardianes de Nuestro Futuro Ambiental*. México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-El Colegio de la Frontera Sur, 779 pp.
- Fischer, J., T.A. Gardner, E.M. Bennett, P. Balvanera, R. Biggs, S. Carpenter, T. Daw, C. Folke, R. Hill, T.P. Hughes, T. Luthé, M. Maass, M. Meacham, A.V. Norstöm, G. Peterson, C. Queiroz, R. Seppelt, M. Spierenburg and J. Tenhunen (2015), "Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective", *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, pp. 144-149.
- Gallopin, G.C., P. Gutman and H. Maletta (1989), "Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach", *International Social Science Journal* XLI (121), pp. 375-397.
- García, R. (1994), "Interdisciplinaria y sistemas complejos", en Enrique Leff (comp.), *Ciencias sociales y formación ambiental*, Barcelona, Gedisa/UNAM.
- GLP (2005), *Science Plan and Implementation Strategy*, IGBP Report núm. 53/IHDP, Report núm. 19, Estocolmo, IGBP Secretariat.
- Golley, F.B. (1993), *A History of the Ecosystem Concept in Ecology*, Londres, Yale University Press.
- Gosz, J.R. (1996), "International Long-Term Ecological Research, Priorities and Opportunities", en *Trends in Ecology and Evolution*, núm. 11, Elsevier, p. 444.
- Gosz, J.R.; R. Waide and J. Magnuson (2010), "Twenty-Eight Years of the US-LTER Program: Experience, Results, and Research Questions", en F. Muller, H. Schubert y S. Klotz (eds.), *Long Term Ecological Research, Between Theory and Application*, s.l., Springer Science & Business Media.
- Gunderson, L.H. and C.S. Holling (eds.) (2002), *Panarchy, Understanding transformations in human and natural systems*, Island Press, Washington, D.C., USA.
- Holling, C.S. (ed.) (1978), *Adaptive Environmental Assessment and Management*, Londres, Wiley.
- Huutoniemi, K. and P. Tapio (Eds.) (2014), *Transdisciplinary Sustainability Studies: a heuristic approach*, N.Y., Routledge.
- International Council for Science (ICSU) (2010), *Grand Challenges in Global Sustainability Research, A Systems Approach to Research Priorities for the Decade*, Paris, and International Council for Science.
- International Council for Science (ICSU) (2012), Science and Technology Forum, disponible en <<https://www.icsu.org/current/press/future-earth-new-global-platform-for-sustainability-research-launched-at-rio20>>, (14.06.2012).

- Kates, R. and T.M. Parris (2003), "Long-Term Trends and a Sustainability Transition", *PNAS*, 100, (14), pp. 8062-8067.
- Kaya, J.J., H.A. Regierb, M. Boylec and G. Francisa (1999), "An Ecosystem Approach for Sustainability, Addressing the Challenge of Complexity", en *Futures*, 31, pp. 721-742.
- Jablonka, E. and M.J. Lamb (2014), *Evolution in four dimensions, genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*, Cambridge, Bradford Book, MIT Press.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005), *Ecosystems and Human Well-Being, Synthesis*, Washington, D.C., and Island Press.
- Maass, J.M. (1999), "Criterios ecológicos en el manejo sustentable de los suelos", en C. Sibe, H. Rodarte, G. Toledo, J. Echevers y C. Oleschko (eds.), *Conservación y restauración de suelos*, México, PUMA-UNAM, pp. 337-360.
- Maass, J.M. (2012), "El manejo sustentable de socio-ecosistemas", en Calva, J. L. (coord), *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable*, Colección Análisis Estratégico para el Desarrollo, México, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios, vol 14, pp. 89-99.
- Maass, J.M. (2017), "Integrating Food-Water-Energy Research through a Socio-Ecosystem Approach", *Front, Environ. Sci.* 5,48, <doi:10.3389/fenvs.2017.00048>.
- Maass, J.M. (en prensa), "Los sistemas socio-ambientales (SSA) desde el enfoque socioecosistémico (SES)", en, Sophie Ávila y María Perevochtchikova (coords.) *Sistemas socio-ecológicos desde la teoría a la práctica, Caso de Oaxaca*, Instituto de Investigaciones Económicas, México, UNAM.
- Maass, J.M. y A. Martínez-Yrizar (1990), "Los ecosistemas, definición, origen e importancia del concepto", en J. Soberón y C. Bonfil (eds.), *Ecología y conservación*, número especial de *Ciencias*, núm. 4, México, pp. 10-20.
- Maass, J.M. y H. Cotler (2007), "Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas", en H. Cotler (comp.), *El manejo integral de cuencas en México, estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, México, INE/Semarnat.
- Maass, J.M. y M. Equihua (2015), "Earth Stewardship, Socio-ecosystems, the Need for a Transdisciplinary Approach and the Role of the International Long Term Ecological Research Network (ILTER)", in, R. Rozzi, F.S. Chapin III, J.B. Callicott, S.T.A. Pickett, M.E. Power, J.J. Armesto, and R.H. May Jr. (eds.), *Earth Stewardship, Linking ecology and ethics in theory and practice*, Dordrecht, Netherlands, Springer, pp. 217-233.
- Maass, J.M.; M. Astier y A. Burgos (2007), "Hacia un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Ecosistemas en México", en J.L. Calva (coord.), *Agenda para el desarrollo*, vol. 14, *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*,

- México, UNAM/Miguel Ángel Porrúa/Cámara de Diputados-LX Legislatura, pp. 89-99.
- Mauser, W., G. Klepper, M. Rice, B.S. Schmalzbauer, H. Hackmann, R. Leemans and H. Moore (2013), "Transdisciplinary global change research, the co-creation of knowledge for sustainability", *Current Opinion in Environmental Sustainability* (5), pp. 420-431.
- Negrete, G. y G. Bocco (2003), El ordenamiento ecológico comunitario, una alternativa de planeación participativa en el contexto de la política ambiental de México, *Gaceta Ecológica*, núm. 68, julio-septiembre, pp. 9-22.
- Norgaard, R.B. (2008), "Finding Hope in the Millennium Ecosystem Assessment: An Essay", *Conservation Biology*, 22(4), pp. 862-869.
- Odum, E.P. (1953), *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia, W.B. Saunders.
- Odum, E.P. (1969), "The Strategy of Ecosystem Development", en *Science*, núm. 164, Nueva York, American Association for the Advancement of Science, pp. 262-270.
- O'Neill, R.V. (2001), "Is it Time to Bury the Ecosystem Concept?", *Ecology* 82(12), pp. 3275-3284.
- Perrot-Maitre, D. (2010), *Ordenación de los ecosistemas*, Nairobi, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Saldaña, A. (2008), "Prioridades de restauración para la recuperación de servicios ecosistémicos asociados a los aspectos hidrológicos de la cuenca del Río Cuitzmala en el Pacífico Mexicano", tesis de maestría en Ciencias Biológicas (Restauración Ecológica), UNAM Campus Morelia, 149 pp.
- Spangenberg, J.H. (2011), "Sustainability science, a review, an analysis and some empirical lessons", *Environ Conserv* 38(3), pp. 275-287.
- Stanford, J.A. and G.C. Poole (1996), "A Protocol for Ecosystem Management", en *Ecological Applications*, núm. 6, Nueva York, Ecological Society of America, pp. 741-744.
- Steffen, W.; A. Sanderson, P.D. Tyson, J. Jager, P.A. Matson, B. Moore III, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schnellhuber, B.L. Turner y R.J. Wasson (2004), *Global Change and the Earth System, A Planet Under Pressure*, Berlín- Heildelberg-Nueva York, Springer-Verlag.
- Tansley, A.G. (1935), "The Use and Abuse of Vegetation, Concepts and Terms", en *Ecology* 16(3), pp. 284-307.
- Vaughan, H., R.B. Waide, J.M. Maass and E. Ezcurra (2007), "Developing and Delivering Scientific Information in Response to Emerging Needs", en *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(4), pp. W8-W11.
- Vitousek, P.M. (1992), "Global environmental change, an introduction", *Annual Review of Ecology and Systematics* 23, pp. 1-14.

