

SERVICIOS AMBIENTALES QUE PROPORCIONA LA ZONA COSTERA

Robert Manson y Patricia Moreno-Casasola

¿Qué son los Servicios Ambientales?

Los servicios ambientales son “las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano” (Daily, 1997). Estos servicios incluyen el mantenimiento de todas las especies de plantas y animales, así como la producción de los bienes de los ecosistemas como la pesca, frutos, madera, fibra natural, farmacéuticos, etc. que representan una parte importante así como familiar de la economía humana. El hombre generalmente extrae estos bienes o recursos de la naturaleza. Por otro lado, los servicios proporcionados por los ecosistemas son las funciones básicas necesarias para que se desarrolle cualquier tipo de vida en la Tierra. Los ecosistemas que los proporcionan en la zona costera incluyen los humedales (manglares, marismas y humedales de agua dulce), las playas y dunas, el mar, las lagunas costeras y los bosques. La doctora Gretchen Daily (1997), en su libro sobre el tema, organizó estos servicios en los siguientes rubros:

- La generación de un ambiente bello y estimulante que inspira al espíritu humano.
- El mantenimiento de la biodiversidad y su variación genética, de la cual los seres humanos han obtenido elementos claves para su agricultura, medicina e industrias.
- La reducción del riesgo de inundación y sequía.
- La protección de los rayos ultravioleta del sol.
- La detoxificación y descomposición de desechos.
- La estabilización parcial del clima regional y global.
- La generación y mantenimiento de suelos y su fertilidad.
- La moderación de temperaturas extremas, así como la fuerza de vientos y oleaje.
- La polinización de cultivos y vegetación natural.
- El mantenimiento de una alta diversidad de culturas humanas.
- El control biológico de la mayoría de las plagas de los cultivos.

- La purificación de agua y aire.
- La dispersión de semillas y transportación de nutrientes.

Los servicios ambientales son las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano.

Muchos de los bienes producidos por los ecosistemas son aprovechados directamente por entidades privadas y forman una gran parte de la economía tradicional, por lo que resulta fácil cuantificar su valor económico. En cambio, muchos de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas son importantes no sólo por su papel en el consumo directo sino también por sus aportaciones al bienestar de la sociedad en general, o sea por el uso indirecto. No hay competencia ni rivalidad en el consumo de estos tipos de servicios; además, es difícil o imposible impedir a alguien disfrutarlos ya que se consideran de interés y propiedad públicos, gubernamental o recursos de uso común, es decir, están abiertos para todos; por ejemplo, el disfrute de una laguna (Barzev, 2002). A través de la historia, servicios ambientales como el aire y el agua limpia han sido muy abundantes y fácilmente aprovechables; por ello, han sido considerados sin valor económico o tan reducido, que no valdría la pena cuantificarlo. Por desgracia, hoy en día esta situación está cambiando de manera drástica y cada vez más países enfrentan los enormes costos relacionados con el reemplazo de los servicios ambientales proporcionados por ecosistemas degradados (Constanza *et al.*, 1997). Aparte de los bienes y servicios de uso indirecto, existen también los servicios de no uso; una sociedad otorga un valor de existencia a un recurso natural a través de sus leyes, así como de sus códigos morales y éticos. Estos servicios de no uso incluyen el placer que nos da el conocimiento de que existen especies únicas en el mundo como las ballenas y el flamenco. También, incluidos en este mismo rubro se encuentran los valores de demanda opcional: los recursos naturales y los de herencia, por los que estamos dispuestos a pagar un costo económico arriba del precio actual, con el fin de preservar la opción de aprovecharlos en el futuro (Lara-Domínguez *et al.*, 1998).

Una manera sencilla de apreciar la importancia de los servicios ambientales es considerar cuánto costaría vivir sin ellos en un lugar sin vida, como la Luna, donde

Existen cada vez más leyes como la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Ley Forestal, diseñadas para proteger a la naturaleza, pero existen muy pocos recursos para su procuración. En Veracruz, por ejemplo, cada uno de los tres inspectores de PROFEPA asignados al Estado tiene que patrullar un área total de 2.4 millones de hectáreas –tarea imposible de cubrir–. El resultado es que hoy día, en nuestro país, entre 500 y 600 mil hectáreas son taladas, ubicando a México en la lista de los diez países con las más altas tasas de deforestación en el mundo. Finalmente, existen numerosos argumentos éticos o morales para la conservación de los ecosistemas y los servicios ambientales que proporcionan. Uno de ellos nos dice que todas las especies de plantas y animales del mundo poseen el mismo derecho de existir que los seres humanos y que tenemos una obligación para con nuestros nietos y bisnietos de preservar la naturaleza para su uso y disfrute en el futuro. Por desgracia, a pesar de todas estas herramientas, el deterioro del medio ambiente no se detiene, lo que quiere decir que, en el mundo moderno, nada tiene tanto peso como los argumentos económicos. En este contexto, la valoración económica de los servicios ambientales representa una nueva y poderosa herramienta para promover el uso sustentable de la naturaleza.

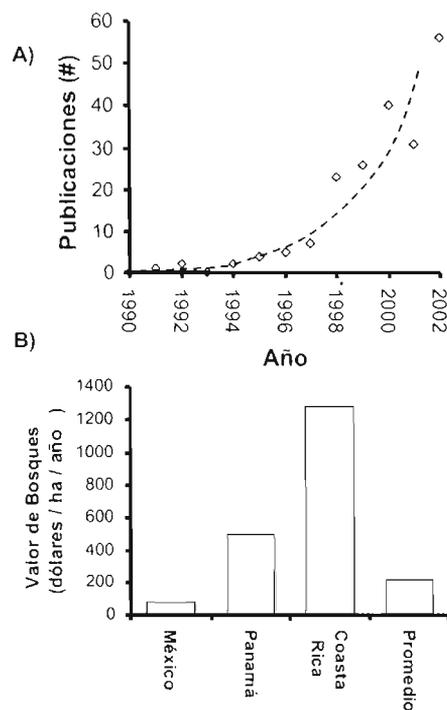
Un último argumento a favor de la cuantificación del valor económico de los servicios ambientales es que este proceso sirve como una póliza de seguro para la sobrevivencia de la sociedad humana. Cuando hablamos del mundo biológico-ecológico y nuestro impacto sobre él, estamos hablando de un sistema bastante más complejo que los sistemas físicos o químicos, con órdenes de magnitud mayores en cuanto a interacciones y procesos a considerar, y, por ello, mucho más difícil para entender y predecir. Se encuentran con frecuencia umbrales y reacciones no esperados de la naturaleza como respuesta a las perturbaciones humanas. Cuando se trata de un sistema así, en particular uno del cual dependen nuestras vidas, vale la pena actuar con precaución y tener en cuenta todas las posibles consecuencias de cada decisión. Sin embargo, hasta ahora no nos hemos comportado así. El famoso biólogo estadounidense Paul Ehrlich ha comparado la destrucción de los ecosistemas del mundo por los seres humanos con los pasajeros de un avión (la Tierra) que remueven al azar los tornillos que mantienen la estructura y funcionamiento de su nave (Ehrlich y Ehrlich, 1981). Hasta ahora, la integridad del avión se ha mantenido; sin embargo, uno nunca sabe si el siguiente tornillo que se remueva resultará en el

desperfecto de un ala o motor provocando que el avión se estrelle. En muchos países existen pólizas de seguro que nos protegen del riesgo de tener un accidente en nuestros coches o a nuestras familias en el caso de una muerte prematura. Estamos dispuestos a pagar miles de pesos anualmente por las pólizas que nos protegen contra estos eventos; sin embargo, enfrentamos muchas de las mismas probabilidades en los casos en que el impacto de nuestras actividades pudiera resultar en el desperfecto de un servicio ambiental, crítico para nuestra propia sobrevivencia. Es alarmante que aún no se haya creado un seguro equivalente y muchas veces ni siquiera la conciencia acerca de ello. La valoración económica nos obliga a considerar y cuantificar con detenimiento los posibles impactos de diferentes planes de desarrollo sobre los ecosistemas y los servicios ambientales que nos proporcionan. Esta información nos permite crear mercados para los servicios ambientales, en los cuales los beneficiarios o usuarios de dicho servicio paguen por él a los dueños de predios con ecosistemas que los proporcionan (Burstein *et al.*, 2000). De esta manera, las externalidades mencionadas son eliminadas y los beneficios y costos reales de cada alternativa quedan descubiertos y apreciados (Barbier *et al.*, 1997). Estos tipos de mercados son relativamente raros todavía, pero existe un gran interés mundial por proteger los servicios ambientales críticos, pues con ello se asegura el bienestar de la sociedad humana; incluyen una póliza de seguro que todos deberíamos estar dispuestos a comprar (Figura 2).

En el municipio de Coatepec, Ver., junto con CONAFOR, se están pagando los servicios ambientales. Los productores que tienen parcelas con bosque están recibiendo un pago mensual por la protección de ese bosque, ya que ayuda a conservar el agua de los mantos freáticos de esta localidad.

¿Cómo se cuantifican los Servicios Ambientales?

Ésta consiste en la asignación de valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas. Existen cada vez más métodos para su valoración económica; en esta sección se revisan los más comunes, ordenados a partir de la facilidad con que uno puede obtener los datos necesarios para su cálculo y la confianza en los valores que reportan. El valor total de estos bienes y servicios sería la suma



Fuente: citas en Myers (1997b)

Figura 2 | La figura A muestra el número creciente de artículos científicos publicados sobre el tema de los servicios ambientales de 1990 a 2002. Mientras que el interés en este tema ha aumentado de manera exponencial en el ámbito mundial, faltan muchos estudios en México. Como consecuencia de la falta de información sobre el valor económico de los servicios ambientales en México, el valor de los ecosistemas que los proporcionan en nuestro país está subestimado, comparado con otros países de Latinoamérica. La figura B muestra el valor de los servicios ambientales proporcionados por los bosques en México, Panamá, Costa Rica y un promedio de bosques en siete países, en la región. Sin información sobre el valor de los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas de México será muy difícil crear los mercados necesarios para la conservación y uso sustentable de estos servicios. Así mismo, será difícil proporcionar la información a los tomadores de decisiones, de manera que les permita evaluar todos los costos y beneficios de cada alternativa en la búsqueda de estrategias de manejo que sean sustentables en el futuro. Fuente: citas en Myers (1997a).

de los valores obtenidos por el conjunto de estos métodos. Es importante destacar que, debido a la carencia de información necesaria para el uso de muchos de estos métodos, los cálculos obtenidos, en general, representan sólo una subestimación de su valor real. Sin embargo, estas estimaciones mínimas pueden alcanzar montos

La cuantificación de los servicios ambientales consiste en la asignación de valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas.

impresionantes que se utilizan para promover la conservación de los ecosistemas que los proporcionan (Constanza *et al.*, 1997).

1) *El precio del mercado.* La manera más fácil de calcular el valor económico de un bien o servicio ambiental es usar el valor de uso directo establecido por los precios del mercado. Por ejemplo, cuando se habla del valor de bienes producidos por los ecosistemas costeros, como la pesquería, es relativamente fácil obtener información sobre el volumen total del pescado capturado anualmente en el área de estudio. Se debe multiplicar este volumen por el precio obtenido durante su venta y después dividir este monto entre el número de hectáreas que comprenden los ecosistemas para estimar el valor total por hectárea. Este método es el preferido cuando ya existen mercados para los bienes o servicios, pero como ya se mencionó, éste no es el caso para la gran mayoría de los servicios, para los que es necesario utilizar otros para estimar su valor económico.

2) *El índice hedónico.* Cuando no existe un mercado para un servicio ambiental, hay que utilizar métodos que generan estimaciones indirectas de su valor. Quizás, el método más convincente sea el índice hedónico. En éste se puede estimar el valor a partir de su influencia sobre el precio de mercado de los predios donde se encuentran. Por ejemplo, dado que no es posible calcular directamente el valor escénico del mar o de los suelos fértiles, se pueden aprovechar fluctuaciones en el precio del mercado de predios con diferentes vistas o fertilidades del suelo para calcularlo. Este procedimiento consiste en el uso de métodos matemáticos como las regresiones múltiples para separar y aislar la influencia de estos servicios ambientales de los demás factores que influyen en el precio de los predios. En conclusión, se puede utilizar este método para estimar el valor de un servicio ambiental, siempre y cuando una fluctuación en dicho servicio resulte en un cambio del valor de algo que ya tiene un mercado donde se está comprando y vendiendo.

Algunas de las metodologías para valorar los servicios ambientales son: el precio del mercado, el índice hedónico, el costo de reemplazo, el costo de viaje y la evaluación contingente.

3) *El costo de reemplazo.* Otra manera de calcularlo es cuando el ecosistema está dañado y ya no puede proporcionar este servicio, por lo que es necesario reemplazarlo. Quizá el caso más famoso donde se ha utilizado este tipo de estimación se dio en la ciudad de Nueva York con la problemática del agua potable que tuvo al principio de la década de los 90. Debido a una disminución marcada en la calidad del agua potable utilizada, el gobierno federal de los EUA decretó que esta ciudad tendría que invertir \$ 9 mil millones de dólares en la construcción de una nueva planta de filtración de agua que proporcionaría agua potable a sus 8 millones de habitantes. Una investigación reveló que la causa principal de la disminución en la calidad del agua fue el daño ecológico que habían sufrido los ecosistemas boscosos de la cuenca de las montañas Catskills, de donde proviene el agua para la ciudad. Este daño fue producido en gran parte por el desarrollo agrícola y suburbano no controlado. Para evitar este enorme costo, la ciudad decidió invertir \$1.5 mil millones de dólares en un programa que compró y restauró la cobertura boscosa de predios claves protegiendo al Río Hudson. Así mismo, el programa inició una campaña de educación ambiental para reducir el nivel de contaminantes arrojados al río. La diferencia entre las dos alternativas que enfrentó esta ciudad para restaurar la calidad de su agua, o sea \$7.5 mil millones de dólares, representa el valor de un solo servicio ambiental proporcionado por los ecosistemas de la cuenca Catskills a esta ciudad (el agua); pero ello es todavía una subestimación del valor total de los servicios ambientales de esta cuenca. Sin embargo, esta es una cifra significativa que debe impresionar a los tomadores de decisiones en México, un país cuya calidad de agua es hoy tan baja que es probable que enfrente decisiones parecidas en el futuro cercano. Es importante destacar que este método para estimar el valor de un servicio ambiental sólo funciona en los casos en que el reemplazo representa un costo real y que existen pocas alternativas. En el caso de Nueva York, por ejemplo, si el servicio ambiental en declinación hubiera sido el ecoturismo, la ciudad pudiese haber decidido no reemplazarlo, sino simplemente construir un parque para la recreación cerca de la ciudad, cuyo costo hubiese representado sólo una fracción de lo invertido en la restauración de la cuenca Catskills.

4) *Estimando el costo del viaje.* Es posible calcular el valor económico de un ecosistema (y por ello los servicios ambientales que proporciona) a través de los costos que la gente está dispuesta a pagar para visitarlo. Se le denomina método del costo del viaje. Su cálculo es relativamente sencillo y consiste en sumar todos los gastos relacionados con el viaje; por ejemplo, para observar las ballenas grises de la Reserva de la Biosfera Vizcaíno en el estado de Baja California Sur, se debe incluir el costo del avión, el transporte terrestre del aeropuerto, el hotel, las comidas y las lanchas utilizadas para acercarse a las ballenas. Debido a que estos costos variarán dependiendo del origen de los turistas, es necesario realizar los cálculos por grupos de turistas y después sumarlos para obtener el costo total de viajes al ecosistema como una estimación del valor económico que representa para el Estado o la región donde se encuentra. Este método genera una estimación indirecta del valor de un ecosistema; utiliza información obtenida de mercados económicos ya establecidos y, por lo tanto, existe un alto grado de confianza en sus resultados. Sin embargo, este método, como los otros que se describen a continuación, es sensible a diferencias culturales por lo que debemos tener cuidado al hacer comparaciones entre países.

5) *La evaluación contingente.* Todos los métodos presentados tienen algo en común: se basan en transacciones reales del mercado. Cuando no es posible obtener este tipo de información, queda un último método basado en encuestas; se llama la evaluación contingente. Consiste en una serie de preguntas cuidadosamente estructuradas, dirigidas a una muestra de personas sobre el valor de los servicios ambientales. Las respuestas de esta muestra sobre cuánto estarían dispuestos a pagar para conservar ciertos recursos naturales se utilizan para extrapolaciones sobre la sociedad en general. Las preguntas tienen que ser diseñadas con cuidado para que las respuestas tengan validez. Además, la evaluación contingente es muy sensible a diferencias económicas y culturales entre grupos. Sin embargo, este método ha sido utilizado con éxito en muchas ocasiones para estimar el valor de la pérdida o disminución de los servicios ambientales.

Los principales servicios ambientales de la zona costera

Las zonas costeras de México comprenden varios ecosistemas como son los humedales (manglares, marismas, humedales de agua dulce), los bosques y las selvas, las playas y las dunas, las lagunas costeras y el mar. Quizá el más complejo y sensible de éstos sea los humedales. Son comunidades vegetales muy diversas: desde un manglar hasta una planicie inundada cubierta de pastos (ver capítulo cinco y seis en esta sección). Los humedales deben tener uno o más de los siguientes tres atributos: a) al menos de manera periódica, el terreno ha de mantener una vegetación de hidrófitas, es decir, plantas que requieren agua en una parte de su ciclo de vida; b) el sustrato debe ser, fundamentalmente, un suelo hidromorfo no drenado; es decir, que su formación y características están determinadas por condiciones de saturación de agua, temporal o permanente y c) la presencia de una lámina de agua poco profunda o de agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal (Mitsch y Gosselink, 2000). Por lo tanto, bajo el término humedales se incluyen las lagunas y cuerpos de agua dulce someros así como los diversos tipos de pantanos, ciénegas, manglares, etc. A continuación, se revisan los principales servicios ambientales proporcionados por estos ecosistemas, las actividades humanas que contribuyen a su deterioro y los posibles costos de estas actividades para las comunidades costeras.

1) Protección contra inundaciones, tormentas y huracanes

Uno de los principales servicios proporcionados por estos ecosistemas es la protección contra desastres hidrometeorológicos. Los humedales son las zonas de descarga donde finalmente afloran las aguas provenientes de los escurrimientos y filtraciones que se producen en las tierras más altas, en las que se localizan las zonas de captación y recarga de agua de los mantos freáticos. Por lo tanto, los humedales son

Los humedales de las zonas costeras son las zonas de descarga del agua captada por escurrimientos y ríos, así como de parte del agua infiltrada en el subsuelo durante la época de lluvias. Funcionan como una esponja que capta, almacena y va liberando lentamente este gran volumen de agua acumulada temporalmente. Esta función constituye un servicio ambiental de gran importancia en las zonas tropicales

las superficies hacia las cuales fluye y en las que se acumula el agua. Una parte de ella se va percolando lentamente hacia el subsuelo para incorporarse a los mantos freáticos, y la otra se evapora para dar continuidad al ciclo hidrológico. Los humedales actúan como una esponja que controla el flujo de agua e impide que siga escurriendo, disminuye su velocidad evitando la erosión y la filtra lentamente. La cantidad de agua que fluye hacia el humedal dependerá de la cantidad de lluvia que se produzca y de los propios escurrimientos. Ese papel se pierde, es más se invierte, causando fuertes problemas sociales, cuando se producen asentamientos en áreas de humedales, es decir, en zonas de descarga de agua. Los costos ambientales de la alteración de estas zonas pueden ser altos. Por ejemplo, en el valle del río Mississippi, la remoción y relleno de humedales, así como la modificación del canal del río fueron parcialmente responsables de las inundaciones graves de 1993, que resultaron en daños por \$120 mil millones de pesos (Myers y White, 1993).

Los humedales como los manglares, junto con arrecifes, playas y dunas, son muy importantes también en la protección de la línea costera y en el control de la erosión. Son los primeros en recibir el embate del oleaje y de los vientos, brindando protección contra marejadas, tormentas y vientos. Su propia dinámica, es decir, su tolerancia a la inundación y movimiento de sedimentos, es capaz de cumplir con esta función. Las playas y dunas, en particular, son una fuente de abasto esencial de sedimentos, que a través de su capacidad para moverse y cambiar de forma en las zonas litorales se mantienen como estructuras geomorfológicas activas y de esta manera protegen las llanuras costeras de la erosión provocada por las tormentas y el incremento potencial del nivel del mar (Hesp, 2000). Funcionan como un almacén de sedimentos que permiten que se mantengan los procesos inherentes a las costas, es decir, juegan un papel primordial en la interfase tierra-mar para la protección de la vida tierra adentro. Cuando están cubiertas por vegetación, atrapan la arena que acarrea el viento y estabilizan la playa y las dunas, para mantener el abasto de sedimentos que permite que lleven a cabo su papel protector. Un estudio en el estado de Louisiana (EUA) mostró que su destrucción o modificación puede resultar en un aumento significativo de los daños económicos causados por los huracanes, de entre \$ 4,732 y \$ 18,653 dólares por hectárea removida (Conzatti *et al.*, 1989). En la actualidad, en la zona hotelera de Cancún, México, existe un programa costoso de alimentación artificial de las playas con arena, pues debido a los cambios ocasionados

por la construcción de infraestructura costera se alteró la entrada de sedimentos a las playas. Este fenómeno se agravó con el paso de los recientes huracanes.

2) Protección de los mantos freáticos costeros

Una gran parte del agua que cae a la tierra, vía la precipitación, escurre hacia las tierras bajas y finalmente al mar o a los acuíferos subterráneos. Así, los ríos, lagos y acuíferos se convierten en las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para el ser humano, tanto para la vida diaria como para la agricultura, la acuicultura y la industria. Hoy, resulta imprescindible proteger estas fuentes de agua, pues sólo una pequeñísima porción de la gran cantidad de agua de nuestro planeta es agua dulce de una calidad tal que pueda servir para beber, para regar los cultivos y para satisfacer otras necesidades humanas. Del volumen total de agua en el planeta (estimado en 1,386,000,000 km³), sólo 2.5% es agua dulce y, de ésta, las 2/3 partes está atrapada en los glaciares y en el hielo del Ártico y Antártico. Una cantidad muy baja, 0.77%, es fácil de aprovechar en ríos, lagos y mantos freáticos poco profundos (Shiklomanov, 1993). Se estima que los seres humanos ya están usando más de la mitad de esta agua. En México, la situación es todavía peor debido al hecho de que unos 12 millones de personas (uno de cada ocho mexicanos) carece de agua potable ya que 73% del total del agua del país (93% de ríos y arroyos) está contaminada.

Los suelos porosos y la vegetación densa de las playas, dunas y humedales de la zona costera actúan como una serie de filtros del agua de lluvia que va hacia el subsuelo. La gran cantidad de poros permite que el agua fluya rápido, y al mismo tiempo se eliminan, absorben y transforman primero las partículas sólidas suspendidas y después las impurezas finas, que ayudan también a mantener una buena calidad de la misma. Este sistema de filtración natural funciona tan bien que muchas veces las comunidades costeras no tienen que invertir en plantas de tratamiento de aguas residuales. En zonas donde los ecosistemas han venido proporcionando este servicio ambiental y éstos han sido dañados, el costo de su reemplazo puede ser enorme (en la región de la Laguna de Términos, Campeche: \$7,524 pesos/ha/año; Lara-Domínguez *et al.*, 1998).

En las tierras bajas de las zonas costeras, cuando el substrato es permeable, las aguas dulces, debido a su menor peso, están por encima de las saladas (que son más pesadas) y a un nivel inferior. La existencia de estas masas de agua dulce se debe

en general a la presencia de humedales costeros. Al eliminar o sobreexplotar estas masas, se facilita que las masas de agua salada emerjan hacia la superficie y se "salinice" el manto freático. Cuando esto ocurre, se afecta muy seriamente, y de manera permanente, la calidad del agua dulce subterránea. Ello trae fuertes consecuencias para llevar a cabo las actividades de la vida diaria de las comunidades, pues la agricultura y la industria ya no pueden utilizar a los pozos para obtener agua. Un buen manejo de los humedales, una regulación de los volúmenes de agua extraídos y la promoción de prácticas adecuadas de uso y restitución del agua extraída evitan estos problemas.

Servicios ambientales que prestan los humedales:

1. Control de inundaciones, ya que son zonas de descarga donde se acumula agua y se va percolando lentamente.
2. Protección de la zona costera, a través de la estabilización del sustrato por las raíces de las plantas y depósitos de materia vegetal, la disipación del oleaje y la energía, y como barreras contra el viento.
3. Protección de los mantos freáticos costeros, ya que las masas de agua dulce que se percolan y acumulan evitan que asciendan las masas de agua salada, y salinicen el manto freático. También evitan que en ríos y estuarios penetre el agua salada tierra adentro.
4. Transporte de personas y materias.
5. Actividades acuáticas recreativas y deportivas.
6. Dilución de contaminantes y protección de la calidad del agua.
7. Hábitat de aves y vida silvestre.
8. Fertilización del suelo, debido a su alta productividad y a los cambios en el nivel del agua a través de los pulsos.
9. Incremento en el valor de la propiedad, por su importancia estética.
10. Otros valores de tipo cultural, ético, anímico y estético.

3) Dilución de contaminantes

Uno de los principales servicios ambientales proporcionados por el agua dulce en ríos, lagos y humedales, así como por el agua salada en lagunas costeras y el mar, es la dilución de contaminantes. De esta manera, estos ecosistemas ayudan a mantener la calidad del agua a niveles tolerables para los peces, la vida acuática y el mismo

ser humano. Muchos de los contaminantes que escurren a estos cuerpos de agua provienen de sistemas de drenaje abierto, tratamientos insuficientes de dichas aguas o bien de escurrimientos de campos agrícolas. Entre estos contaminantes destaca una carga muy grande de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo. Las plantas que crecen en estos ecosistemas (plantas acuáticas, fitoplancton, pastos marinos y algas) toman estos nutrientes y los utilizan para crecer, aunque sólo hasta un cierto límite. Después sobreviene la eutroficación, es decir, el enriquecimiento desmedido de los cuerpos de agua con estos nutrientes. La eutroficación excesiva produce anoxia, o sea decrece el oxígeno impidiendo la vida de muchos organismos, y fomenta el crecimiento de algas nocivas como la marea roja, que produce neurotoxinas. Aparte del peligro que representan estas toxinas para la salud humana y las pérdidas económicas que se derivan del escaso turismo que visita las playas y no come los mariscos potencialmente contaminados por estas toxinas, la eutroficación causa la muerte de una gran cantidad de animales acuáticos. Actualmente hay gran preocupación en las aguas del norte del Golfo de México por el crecimiento de zonas muertas que ocupan cientos de kilómetros cuadrados, donde no existen organismos vivos debido a la sobrecarga de nutrientes que provienen del río Mississippi. Además, la contaminación de los cuerpos de agua por las fugas y derrames de hidrocarburos de petróleo es cada vez más común. No obstante lo anterior, ciertos microbios de las zonas costeras brindan un servicio gratuito que es la detoxificación y degradación de estos compuestos en los sedimentos del mar, transformándolos en dióxido de carbono y agua a través de procesos químicos que involucran al oxígeno; sin embargo, la degradación de sedimentos también está amenazada por la eutrofización, que está aumentando en todo el mundo.

Al mismo tiempo, las sociedades humanas producen otros materiales tóxicos que no son transformados tan fácilmente por procesos ecosistémicos de la zona costera. Incluyen contaminantes orgánicos artificiales (DDT, PCB, dioxinas) que los microbios no pueden degradar. Otros contaminantes importantes son los metales pesados como plomo, mercurio, cobre, arsénico pues parte de éstos se deposita en los sedimentos y ahí quedan secuestrados. Removerlos mediante dragados los libera, y eleva de manera importante la contaminación de las aguas costeras. Materiales nucleares también han sido depositados en el mar, y los organismos marinos no pueden ayudar a descontaminar las aguas de estos desperdicios.

Un elemento importante que el mar ayuda a controlar es el carbono (Peterson y Lubchenko, 1997). La biosfera terrestre está conectada a la tierra, a la atmósfera y al mar a través de procesos fundamentales que mueven elementos como el carbono (ver capítulo de Cambio climático y reciclaje de carbono en humedales costeros, segunda sección). En las rocas continentales, este elemento se encuentra secuestrado de dos maneras: como materia orgánica sedimentaria (proveniente de los tejidos suaves de los organismos) y como carbonatos (proveniente de los esqueletos de plantas y animales marinos). A través de la interacción con la atmósfera, la materia orgánica sedimentada es intemperizada, es decir, degradada de forma química: se oxida y regresa a la atmósfera como CO_2 . Los carbonatos son intemperizados, lavados y disueltos por la lluvia, formando iones de bicarbonato, calcio, magnesio y otros cationes. El bicarbonato disuelto es arrastrado al mar donde los organismos lo incorporan a sus tejidos y esqueletos, depositándose en los sedimentos. De esta manera se va reduciendo la cantidad de CO_2 atmosférico y el carbono se almacena en estratos rocosos. Por medio de procesos tectónicos se libera CO_2 en forma de gas y se reinicia el ciclo. Si en el mar no hubiera organismos, no se depositaría el CO_2 y se incrementaría enormemente su cantidad presente en la atmósfera. A pesar de este gran servicio, las actividades del hombre hoy en día parecen estar rebasando este potencial y se ha iniciado un proceso de calentamiento global en el cual el incremento de CO_2 en la atmósfera es una de las principales causas.

4 El Transporte, el ecoturismo y la recreación

Tres servicios ambientales muy importantes para la economía de las zonas costeras son el transporte de mercancía por vías acuáticas, el ecoturismo y las posibilidades de recreación que brindan estos ecosistemas. Los cuerpos de agua como el mar, los ríos y las lagunas costeras son usados con frecuencia como transporte o como vías de comunicación tanto locales como regionales. En nuestros días, el turismo constituye un usuario importante de este servicio de transporte, el paseo por los canales brinda placer a los visitantes y al mismo tiempo constituye un ingreso para los pobladores locales. Para apreciar el valor de este servicio, sólo se tiene que considerar el valor de los productos transportados por estas vías. Por ejemplo, tan sólo en los EUA se estima que cada año se utilizan los ríos del país para transportar productos que valen cerca de \$360 mil millones de dólares. Esta cifra aumentaría significativamente si se incluyera a la mercancía que entra y sale de los puertos marítimos. Cuando los ecosistemas de la

zona costera son dañados o reemplazados, aumenta mucho el azolve de estos cuerpos de agua, lo que resulta en canales de comunicación menos profundos y un aumento significativo del costo de dragar y mantenerles libres de impedimentos.

Otro impacto del deterioro de los ecosistemas de la zona costera es una disminución en el número de turistas que visitan esta zona. El ecoturismo representa una actividad económica cada vez más importante en el ámbito mundial pues sus ingresos anuales se calculan en \$500 mil millones de dólares (Eagles *et al.*, 1993). Los ecosistemas de la zona costera generan un promedio de \$ 82 dólares/ha/año para la economía regional, con los arrecifes de coral alcanzando un valor impresionante de \$ 3,008 dólares/ha/año (Constanza *et al.*, 1997). El agua dulce de los ríos provee numerosas y variadas oportunidades para la recreación que incluyen natación, canotaje, kayaks, pesca deportiva, etc. Si estos servicios se tuvieran en cuenta y se evaluara su impacto y beneficio social y educativo (fuente local de empleo, diversión sana para la juventud, recreación para turistas de la tercera edad, deportes al aire libre, etc.), se tendría mucho más cuidado en los planes de manejo aplicables en estas zonas. Además, con frecuencia se utilizan cuerpos de agua o humedales en buen estado de conservación para desarrollos turísticos o de alto valor residencial. En cambio, cuando los humedales están degradados o contaminados, se convierten en zonas sujetas a invasiones ilegales o bien en terrenos considerados como reservas territoriales para proveer vivienda a sectores de escasos recursos, con los consabidos problemas que tiene el establecerse en condiciones urbanas no adecuadas.

Las playas y dunas también tienen un alto valor recreativo. Un gran porcentaje de la población pasa buena parte de su tiempo de descanso en las playas. En nuestros días, comienzan a desarrollarse deportes sobre arena, por lo que las dunas también constituyen un fuerte atractivo. En la costa de Veracruz, las dunas son parte de los hábitats utilizados por las aves migratorias (ver capítulo cuatro sobre Playas y dunas en esta sección) y albergan, durante esta época, gran cantidad de palomas que son muy buscadas por los cazadores. Adicionalmente, mientras más cerca está una propiedad de la playa, más favorecida se ve. Por tanto, hoy las dunas proveen espacio para asentamientos humanos ya que sobre estos campos se han desarrollado gran cantidad de ciudades costeras y desarrollos turísticos, en ocasiones aun bajo fuertes riesgos por los huracanes e inundaciones que llegan a afectar estas zonas. No obstante, en el mar existe una

amplia gama de oportunidades para recreación y turismo; por ejemplo, la alta demanda por visitar los arrecifes de coral, las zonas árticas, y ver los organismos bandera como ballenas, focas y delfines. También el ecoturismo, los cruceros y los deportes acuáticos tienen una gran demanda hoy y aportan considerables ingresos a los países.

Servicios ambientales que prestan las playas y las dunas

1. Procesos costeros de erosión/acumulación de sedimentos, lo que les permite funcionar como un almacén de sedimentos que mantiene los procesos inherentes a la interfase tierra-mar que brinda protección a la vida tierra adentro.
2. Filtración de agua hacia el subsuelo, ayudando también a mantener una buena calidad de la misma.
3. Hábitat de vida silvestre.
4. Valor recreativo y anímico.
5. Incremento en el valor de la propiedad.

338

5) Otros valores de tipo cultural, ético y espiritual

Estos valores son los más difíciles de cuantificar. Sin embargo, los humedales, las dunas y playas y las lagunas de la zona costera juegan un papel fundamental en el mantenimiento de paisajes de alta calidad estética. Incluyendo al mar, los ecosistemas de la zona costera son valorados también por su carácter más espiritual y anímico. Estos ecosistemas han sido muy importantes en la historia, las artes, la cultura en general y han aportado enormes conocimientos científicos al hombre. Siguen siendo una fuente de gran interés para la investigación científica y técnica.

6) El mantenimiento de la biodiversidad

Los ecosistemas de la zona costera conservan una gran diversidad de plantas y animales. En los humedales y las lagunas de esta zona existe el hábitat que requieren la flora y fauna de los ecosistemas acuáticos, que dependen de manera importante de la conexión dinámica entre la tierra y el agua, de los procesos físicos tales como flujos de agua y sedimentos, así como de otras muchas condiciones biofísicas tales como calidad y temperatura del agua, relaciones tróficas que permiten establecer las cadenas alimenticias, por mencionar algunas. Entre los principales están peces, aves acuáticas, y varios tipos de crustáceos y bivalvos. La diversidad de especies y de

otros rangos taxonómicos superiores es uno de los aspectos más llamativos de las costas y los mares. Los Phyla son una de las categorías más altas que engloba a una gran cantidad de especies que comparten un patrón de organización corporal. Como ejemplo de ello, el hombre pertenece, junto con el resto de los mamíferos, las aves, los peces y los reptiles, al Phylum de los cordados, o sea todos aquellos animales que poseen una columna vertebral. Las costas y los mares albergan una mayor cantidad de Phyla que la tierra firme. Así, existen 15 Phyla que sólo habitan en el medio marino, uno que es exclusivamente terrestre (Onicóforos) y 17 que tienen especies tanto en el medio marino como en el terrestre. Así mismo, para cuatro Phyla compartidos entre mar y tierra, 95% de las especies o más de esos grupos son marinos (Margulis y Schwartz, 1985; Norse, 1993). Como detalle interesante basta decir que durante una de las grandes extinciones, el patrón de organización corporal que dio origen a los cordados, y por lo tanto al hombre, sobrevivió en el mar. La diversidad de los arrecifes de coral es particularmente alta pues son considerados las selvas del mar (ver el capítulo sobre Arrecifes, en la segunda sección).

Entre los tomadores de decisiones, hay una tendencia a pensar en el valor de esta gran biodiversidad en la zona costera sólo en términos de la parte que es aprovechable de manera directa; por ejemplo, considerar sólo las especies valiosas para la industria pesquera ya que generan ingresos substanciales para el estado de Veracruz; basta citar que sólo las exportaciones al extranjero generaron \$ 1,098 millones de pesos en el año 2000. Sin embargo, es importante destacar que la pesquería se mantiene no sólo por las especies significativas, hablando en términos económicos, que son capturadas, sino también por las cadenas tróficas que sirven de alimento a todos los seres que se desarrollan en el mar, así como el hábitat crítico que constituyen los humedales y otros ecosistemas de la zona costera. Además, existe una enorme oportunidad en la generación de nuevas medicinas y farmacéuticos si se utilizan muchas de las especies que se encuentran en la zona costera. Actualmente, se ha evaluado sólo 15% de las plantas tropicales en la búsqueda de compuestos útiles en este sector. No obstante, el valor de estos productos sumó \$ 500 mil millones de dólares en el mundo (Myers, 1997b), en la década pasada. Sin embargo, sólo se ha considerado un porcentaje mucho menor de las especies de plantas y animales de la zona costera en la búsqueda de nuevas medicinas y farmacéuticos, lo que quiere decir que existe una alta probabilidad de que algunas de ellas tendrían un valor económico importante.

Servicios ambientales que presta el mar

1. Ciclos globales de materiales, sobre todo en el del carbono, ya que reduce la cantidad de CO₂ que es incorporado por los organismos a sus tejidos.
2. Transformación, detoxificación y secuestro de contaminantes y desperdicios.
3. Mantenimiento de alta diversidad y de patrones de organización corporal.
4. Mantenimiento de las actividades de recreación costera y del turismo
5. Incremento en el valor de la propiedad.
6. Valor recreativo, cultural, científico y anímico.

Debido a la imposibilidad de predecir cuáles de estas especies serán económicamente importantes en el futuro, la estrategia más segura es conservar los remanentes de los ecosistemas costeros que quedan y así preservar la posibilidad de aprovechar el gran valor de estos recursos naturales en el mediano y largo plazos.

Las principales amenazas

A pesar del alto valor económico de los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas costeros, éstos están cada vez más amenazados por las actividades antropogénicas. Casi una tercera parte de la población humana vive dentro de los 60 km de las zonas costeras en el ámbito mundial, y esta cifra está aumentando rápidamente (World Resources Institute, 1992). Como consecuencia de la alta densidad poblacional en esta zona, la tasa de desarrollo es alta también y cada vez menos sustentable, con consecuencias graves para los ecosistemas costeros y los servicios ambientales que proporcionan a las localidades cercanas. La cuantificación de los servicios ambientales ayudaría a los tomadores de decisiones a balancear las necesidades e intereses de individuos y empresas que promueven dicho desarrollo con el bienestar de la sociedad que depende de estos servicios.

Los humedales

Existe una gran variedad de actividades humanas que contribuyen al deterioro de los humedales, hasta el punto de reducir o destruir los servicios ambientales importantes

tendríamos que reemplazarlos todos. Un grupo de científicos realizó precisamente este tipo de experimento en el desierto sonorense localizado en el estado de Arizona, en Estados Unidos, al principio de la década de los 90. Apoyados por un millonario petrolero y anticipándose a futuras exploraciones humanas del planeta Marte, estos científicos quisieron ver si se podría crear un ambiente artificial con las mismas funciones de los ecosistemas, capaz de sustentar la vida humana. Construyeron, en un espacio total de dos hectáreas, un complejo de edificios y viveros impresionantes llamado “Biosfera Dos” (a la Tierra se le consideró como Biosfera Uno). Estos edificios contenían todos los suelos, el agua, las plantas y los animales que consideraron necesarios para sostener a once personas en completo aislamiento por tiempo indeterminado. Dos años y casi \$250 millones de dólares después, el experimento terminó en un rotundo fracaso cuando estas personas tuvieron que salir del complejo debido al aumento no controlable de dióxido de carbono y a una explosión de las poblaciones de hormigas introducidas por accidente, las cuales acabaron con gran parte de la comida destinada a los habitantes de este lugar. Esta historia ilustra cuánto nos queda por aprender de los procesos ecológicos complejos que mantienen la vida en la Tierra y los altísimos costos necesarios para reemplazarlos.

La cuantificación del valor económico de los servicios ambientales en la zona costera, así como la creación de mercados para estos servicios, permite a las personas encargadas del manejo y gestión de los recursos naturales costeros lograr un mejor balance entre los intereses privados y públicos, al tener en cuenta todos los costos y beneficios relacionados con cada decisión y, en este sentido, tomar decisiones que maximicen el impacto neto positivo para la sociedad.

¿Por qué es necesario cuantificar los servicios ambientales?

La valoración económica o cuantificación de los servicios ambientales se justifica por muchas razones. Una muy importante es el aumento en la escala de las actividades humanas en el ámbito mundial durante el último siglo y la severidad de los impactos de dichas actividades sobre la naturaleza. Hoy en día, entre una tercera parte y la mitad de la superficie del planeta ha sido transformada por los seres humanos. La destrucción del hábitat natural y la introducción de especies exóticas vinculadas a estas actividades son las principales causas de una elevada tasa de extinción de

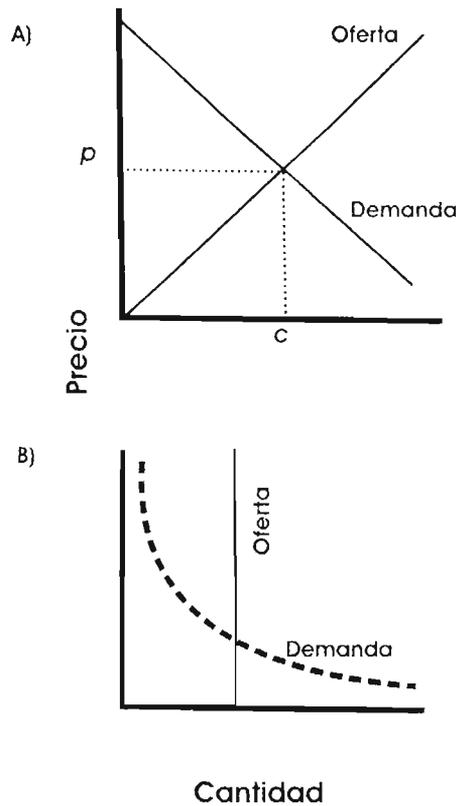
especies de plantas y animales, que se estima llegan a ser hasta mil veces arriba que la normal en la historia de la vida de nuestro planeta. Se calcula que la población humana se duplicará para el año 2050, en particular en las zonas costeras, por lo que nuestros impactos sobre la naturaleza serán todavía mayores. Por lo anterior, ahora es el momento para apreciar la importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas naturales y para llevar a cabo las acciones necesarias para salvaguardarlos para el futuro.

La cuantificación del valor económico de los servicios ambientales en la zona costera, así como la creación de mercados para estos servicios, permite a las personas encargadas del manejo y gestión de los recursos naturales costeros lograr un mejor balance entre los intereses privados y públicos, al tener en cuenta todos los costos y beneficios relacionados con cada decisión y, en este sentido, tomar decisiones que maximicen el impacto neto positivo para la sociedad.

322

Algunas personas argumentan que la valoración económica de los servicios ambientales no tiene lugar en la toma de decisiones relacionados con la gestión o el manejo de los recursos naturales. Suponen que debido a que no podríamos vivir sin ellos, el valor de estos servicios es infinito y hasta cierto punto su cuantificación es un ejercicio inútil (Figura 1). Sin embargo, la realidad demuestra que la valoración económica es un ejercicio que hacemos todos los días. Cuando los tomadores de decisiones aprueban las reglas de construcción de un nuevo edificio, tienen que decidir hasta qué punto un diseño más seguro, que podría salvar más vidas en el futuro, es económicamente factible. Tienen que balancear los mayores costos de construcción de una estructura más fuerte contra el valor de las vidas de seres humanos potencialmente salvadas. De igual manera, cuando se decide eliminar un bosque para permitir la expansión urbana o rellenar un manglar para la creación de más potreros, estas acciones muestran la creencia de que el desarrollo humano vale más que estos ecosistemas y los servicios ambientales que nos proporcionan. Muchas veces las decisiones que benefician a ciertos individuos o empresas, por ejemplo permitir que dueños de predios ubicados en la parta alta de cuencas hidrológicas talen sus bosques y vendan la madera, tiene costos implícitos para la sociedad —en este caso, un aumento de la erosión de suelos, el azolve de los ríos y la modificación de los ciclos de inundaciones y sequías, así como

impactos negativos sobre la producción pesquera y la disponibilidad de agua potable. En la economía tradicional, estos costos no son cuantificados y quedan fuera de las transacciones del mercado. Se llaman “externalidades”.



Modificado de Constanza et al. 1997

Figura 1 | Según la ley económica de oferta y demanda (gráfica A), los productos producidos por los seres humanos tienen un precio de mercado (p) determinado por el balance entre sus curvas de oferta y demanda. A medida que la cantidad (c) de un producto aumenta hay un aumento en la oferta y una disminución en la demanda, de tal manera que hay un punto de equilibrio o maximización del bienestar del consumidor. La compra de menos producto que lo indicado por el punto de equilibrio resultaría en menores costos que el precio que el consumidor está dispuesto a pagar. En contraste, cuando el consumidor compra más de lo indicado por el punto de equilibrio, paga un precio más alto que el costo de producción y pierde dinero en la transacción. Esta ley funciona cuando se trata de productos hechos por seres humanos que son sustituibles. Éste no es el caso con muchos de los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas (gráfica B). En estos casos, la demanda tiende a ser infinita cuando la oferta (la producción de un servicio ambiental por un ecosistema) se acerca a cero. En la práctica, las curvas de demanda para estos servicios son muy difíciles o hasta imposibles de estimar. Así mismo, debido al hecho de que la oferta de los servicios ambientales no es algo que el sistema económico pueda aumentar o disminuir, es típico que las curvas de oferta se acerquen a la vertical. Modificado de Constanza *et al.* (1997).

Cuando los bienes y servicios comunes como el agua y el aire limpio quedan sin un valor económico, no hay incentivos para su conservación y uso eficiente, por lo que son sobreexplotados y dañados con consecuencias graves para el bienestar de los seres humanos (Hardin, 1967). La valoración económica de los servicios ambientales busca eliminar estas externalidades y permitir a los tomadores de decisiones, encargados del manejo de los recursos naturales, evaluar todos los costos y beneficios relacionados con cada alternativa para poder calcular su impacto neto para la sociedad. La toma de decisiones racionales sobre el uso de los recursos naturales consiste en la inclusión y consideración de toda la información relevante, incluyendo la información sobre los servicios ambientales.

La cuantificación de los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas de la zona costera constituye una nueva herramienta para promover el uso racional y el manejo sustentable de los recursos naturales. Ello permite a los tomadores de decisiones traducir el impacto de diferentes estrategias de desarrollo sobre la zona costera en términos económicos y, así, medir y comparar de manera más profunda las distintas opciones que enfrenten.

Existen muchas otras herramientas para promover el uso racional de los recursos naturales y facilitar la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas. Por ejemplo, actualmente en México 9% de su superficie terrestre se encuentra en áreas naturales federales protegidas y el gobierno federal tiene como meta el aumento de esta cifra a 10% para el año 2006. Sin embargo, este logro parece insignificante cuando uno considera que 67% del país ha sido transformado por las actividades agropecuarias y forestales. Es en estos ecosistemas transformados, los agroecosistemas, donde se tienen que crear los incentivos para la conservación de los servicios ambientales.

La cuantificación de los servicios ambientales proporcionados por los ecosistemas de la zona costera constituye una nueva herramienta para promover el uso racional y el manejo sustentable de los recursos naturales. Ello permite a los tomadores de decisiones traducir el impacto de diferentes estrategias de desarrollo sobre la zona costera en términos económicos y, así, medir y comparar de manera más profunda las distintas opciones que enfrenten.

que proporcionan. Estos ecosistemas están amenazados y sólo queda 15% de los humedales originales en el mundo (Postel y Carpenter, 1998). Ya hay muestras de este deterioro en Canadá, Estados Unidos y México, pues 20% de los anfibios y 55% de un grupo específico de mejillones están en peligro o se han extinguido ya. Uno de los grupos con más problemas es el de los peces, debido a la desecación de humedales, a los canales que los unen y que distribuyen contaminantes y a la introducción de especies exóticas. Finalmente, la destrucción y transformación de los humedales elimina muchos de los hábitats críticos de especies importantes en la pesquería, resultando en una baja permanente en la disponibilidad de estas especies. A continuación, se enlistan las principales amenazas a los servicios ambientales que brindan los humedales y ecosistemas acuáticos:

- Construcción de presas que alteran la época y la cantidad de flujo de agua, de sedimentos y de organismos
- Construcción de diques y de bordos que destruyen las conexiones hidrológicas
- El entubamiento del agua
- Un excesivo divertimiento en los ríos y cuerpos de agua
- Drenaje de humedales para obtener más tierras agropecuarias
- Deforestación y malas técnicas agropecuarias que alteran escurrimientos, captación de agua, recargas, etcétera
- Falta de control de la contaminación de aguas
- Sobreexplotación pesquera y de crustáceos
- Introducción de especies exóticas
- Liberación de metales pesados y otros contaminantes
- Emisión de contaminantes que alteran las condiciones climáticas
- Incremento en la población y en los patrones de consumo

Las playas y dunas

Hoy en día las playas y dunas están bajo una fuerte amenaza por los desarrollos turísticos y por la forma de manejarlos de nuestra sociedad. Carter (1988) plantea que de todos los ecosistemas costeros, las dunas son las que han sufrido el mayor grado de presión por las actividades del hombre (ganadería, agricultura, desarrollos industriales, urbanos y turísticos, extracción de agua y depósitos de basura). Muchos sistemas de dunas han sido alterados de manera irreversible por las actividades produc-

tivas de la sociedad, tanto de manera accidental como de modo intencional. Las principales amenazas a este importante banco de sedimentos son:

- Desestabilización de las dunas
- Transformación del espacio para construcción
- Introducción de especies exóticas
- Incremento en la población y de los patrones de consumo
- Actividades recreativas sin control
- Explotación de bancos de arena
- Contaminación de la playa por desechos
- Nivelación de las dunas para crear otro tipo de ambientes (campos de golf, parques, potreros, etcétera)
- Introducción de pastizales y eliminación de cubierta vegetal para actividades ganaderas
- Salinización del manto freático por extracción de agua dulce y cambio de las condiciones de los hábitats

El mar

En la actualidad, la explotación del mar también se produce a gran escala y sin mucha consideración de parte de quienes controlan los servicios ambientales afectados. Hay una gran cantidad de amenazas sobre el mar, producto de las actividades de nuestra sociedad. Las tierras bajas, los cuerpos de agua costeros y, por último, el mar son los depósitos más grandes de basura y desperdicios del mundo. Los mares, al ser las regiones más bajas hacia las cuales fluyen todos los escurrimientos y ríos, son un depósito que absorbe grandes cantidades de sedimentos y minerales arrastrados desde tierra adentro. Al final, todo acaba fluyendo hacia ellos, incluyendo los desperdicios generados por el hombre. Hoy en día también reciben enormes cantidades de sustancias producidas por las actividades humanas como contaminantes, residuos radioactivos, etc. Hasta muy recientemente, el mar se consideró como un basurero infinito, y algunas personas aún lo siguen percibiendo así. Sigue existiendo una falta de control de la contaminación de aguas que se agrava por los fuertes procesos de urbanización y de litoralización. Otro problema que amenaza las zonas marinas es la sobreexplotación pesquera y de crustáceos así como la alteración de hábitats por las artes de pesca; por ejemplo, las redes de arrastre. Uno de los ecosistemas marinos en

mal estado son los arrecifes. El calentamiento global y el arrastre de sedimentos y contaminantes por el escurrimiento de aguas, combinando con la sobreexplotación de especies clave de depredadores y herbívoros, ha transformado el ambiente donde viven estas comunidades de enorme riqueza de especies, haciéndolas más susceptibles a enfermedades y a la invasión de algas agresivas. También, hay cada vez más reportes de blanqueamiento de coral en muchos mares tropicales. Más de 90% del petróleo que se extrae en el país proviene de estados costeros. En 1983, por ejemplo, 62% del gas y petróleo, considerados fuente constante de contaminación, provino de los pozos localizados en el mar, sobre todo de Campeche. Por último, combinar la extracción de diversos minerales (manganeso, cobre, azufre) y de muchas especies importantes para la industria pesquera resulta en daños considerables a la comunidad de organismos que habita las zonas bénticas, además, cuando la extracción de minerales libera, al mismo tiempo, muchas sustancias tóxicas atrapadas en estos sedimentos.

El manejo integral de las cuencas

La cuantificación de los servicios ambientales requiere de un entendimiento básico de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que los generan. También, necesita un cambio en la escala de enfoque de los problemas ambientales que se perciben en la localidad, que es donde estos problemas se manifiestan, hasta una escala regional, donde se encuentran las actividades que los generan. Debido en gran parte al enfoque en los servicios ambientales, en particular en los servicios hidrológicos proporcionados por los bosques, existe cada vez más interés en promover el manejo de los recursos naturales a través del manejo integral de cuencas (MIC) que es “un instrumento de planeación y gestión que reconoce la presencia y relaciona todos los elementos que actúan en una cuenca, alienta la participación de diferentes actores sociales, promueve la formación de instancias operativas y de planeación y genera cambios institucionales” que promueven el manejo sustentable de los recursos naturales (SEMARNAT, 2003). Utilizando el MIC es posible resolver los problemas ambientales de las cuencas a través de soluciones que incluyen a los actores y ecosistemas de la parte alta y baja de la cuenca, incluyendo a la zona costera. Muchas de las actividades que afectan de manera negativa a los servicios ambientales proporcionados a las comunidades costeras provienen de las partes altas y medianas de las cuencas. Hay cada vez más estudios que muestran la importancia que

El manejo integral de las cuencas es un mecanismo que facilita la identificación de los principales actores y procesos importantes a resolver, en muchos de los problemas ambientales que enfrentan las comunidades costeras.

tiene la cobertura boscosa en la parte alta de las cuencas, para regular la captación de agua. Los bosques, con su gran complejidad estructural, son los ecosistemas ideales para detener el escurrimiento de la lluvia, promover la filtración de ésta al subsuelo y recargar los mantos acuíferos. En cuencas donde existe mucha deforestación en las zonas altas, hay menos captación de agua y más erosión de suelos. Los impactos ambientales de esta erosión y el azolve de ríos que se genera sobre la economía de la zona costera pueden ser decisivos. Por ejemplo, el azolve causado por la deforestación en la parte alta de las cuencas de las Filipinas ha reducido a la mitad la productividad comercial de algunas pesquerías (Hodgson y Dixon, 1988). En Camerún, la protección requerida por el azolve derivado de los bosques representa \$ 3.8 millones de dólares (\$58/ha) anuales para la industria pesquera (Ruitenbeek, 1992). Además, sin la captación de agua por los bosques, hay cada vez más escurrimiento superficial en la época de lluvias y menos agua disponible en la época de secas. En Veracruz, estado con un promedio alto de lluvia anual, pero también con una alta tasa de deforestación, pues más de 40% del Estado está afectado por erosión grave (al menos 10 ton/ha/año), ha aumentado la frecuencia y severidad de inundaciones. Sólo en el año 2000 invirtió \$ 450 millones de pesos en daños debido a inundaciones que afectaron 40 municipios, la mayor parte de ellos localizados en la zona costera. Estas mismas localidades carecen de agua en la época de secas debido a la reducción de la recarga de los mantos acuíferos, importante para mantener un flujo mínimo en los ríos y agua en los pozos. Cambios tan ligeros en el uso del suelo en la zona alta de las cuencas, como la transición de bosques a fincas de café de sombra, pueden resultar en 3 a 5 veces menos agua disponible a finales de la época de secas (Dosso *et al.*, 1981).

Debido al hecho de que el ciclo hidrológico involucra a todas las partes de la cuenca, los impactos directos de la deforestación no sólo afectan a los servicios ambientales de la zona costera; también impactan las zonas altas de las cuencas.

La deforestación en las zonas bajas de las cuencas resulta en cambios fundamentales en la tasa de evapotranspiración, el movimiento de los vientos y la cantidad de radiación solar que absorbe esta parte de la cuenca, los cuales redundan en una disminución en la formación de nubes y menos lluvia en la parte alta de éstas. Este efecto se acentúa por el humo que se genera, por ejemplo, en la quema de los campos de caña de azúcar durante su cosecha. Por ejemplo, un porcentaje impresionante de la precipitación (25-50%) en el Amazonas proviene de la evapotranspiración de sus propios bosques (Salati y Nobre, 1992; Eltahir y Humphries, 1998). En Costa Rica, la deforestación en la zona costera ha resultado en una disminución marcada en la formación de nubes en las montañas adyacentes, que podría tener impactos importantes sobre el bosque de niebla y la captación de lluvia en las partes altas de la cuenca (Lawton *et al.*, 2001). Teniendo en cuenta todo esto, y la alta tasa de deforestación en la zona costera de Veracruz, no es una sorpresa encontrar que las ciudades de Xalapa, Coatepec y Huatusco reportan mucho menos neblina que hace 20 años.

La gran escala del ciclo hidrológico y la multitud de interacciones que existen entre los ecosistemas que proporcionan los servicios ambientales en cada cuenca significa que existen responsabilidades compartidas en el cuidado de los recursos naturales de la misma. Los tomadores de decisiones en la zona alta y baja de la cuenca tienen que trabajar juntos en la resolución de problemas ambientales y en el desarrollo de estrategias de manejo sustentables en la región. Un enfoque hacia el manejo integral de cuencas, así como la creación de los mercados para los servicios ambientales, promovería el uso racional de los recursos naturales y planes de desarrollo sustentable que maximizarían los beneficios netos positivos para la sociedad.

Consideraciones finales

Como puede verse, las zonas costeras, con su gama de ecosistemas, brindan no sólo productos o bienes al ser humano, también proporcionan muchos servicios ambientales importantes para crear las condiciones necesarias para mantener la vida de todos los seres vivos. Debido al marcado crecimiento de las poblaciones humanas en estas zonas, existe mucha presión sobre estos ecosistemas y sobre los servicios ambientales que proporcionan, la cual aumentará en el futuro. La cuantificación del valor económico de éstos así como la creación de mercados para los mismos,

promovería el desarrollo sustentable de las zonas y lograría un balance entre los intereses privados y públicos para maximizar el bienestar de la sociedad. El manejo integral de las cuencas ayudaría a los tomadores de decisiones a identificar los procesos ecológicos e hidrológicos importantes para mantener la salud de los ecosistemas de esta zona, así como las principales actividades humanas que contribuyen al deterioro ambiental en estas entidades. Trabajando juntos, las comunidades de la zona alta y baja de cada cuenca podrán crear soluciones apropiadas para resolver sus problemas ambientales y para lograr el manejo sustentable de sus recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbier, E. B., M. Acreman y D. Knowler.** 1997. Valoración económica de los humedales: Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza, 142 p.
- Barzev, R.** 2002. Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Serie Técnica 4 del Corredor Biológico Mesoamericano, Managua, Nicaragua, 148 p.
- Burstein, J. G. Chapela, J. Mendoza, J. Aguilar y E. de León.** 2000. Pago por servicios ambientales en México. Informe preparado como parte del proyecto PRISMA-Fundación Ford Pago por servicios ambientales en América Latina. San Salvador, El Salvador, 66 p.
- Carter, R. W. G.** 1988. Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of the coastlines. Academic Press., Nueva York, 617p.
- Constanza, R., S. C. Farber y J. Maxwell.** 1989. Valuation and management of wetland ecosystems. *Ecological Economics* 1: 335-361.
- Constanza, R., R. d'Arge y R. de Groot.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Daily, G. C.** 1997. *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems.* Island Press., Nueva York, 392 p.
- Dosso H., Guillaumet J.L., y Hadley M.** 1981. The Tai' Project: land use problems in a tropical rain forest. *AMBIO* 10 (2-3): 120-125.
- Eagles, P. F. J., S. D. Buse y G. T. Hvengaard.** 1993. *The Ecotourism Society Annotated Bibliography*, Ecotourism Society. Bennington, Vermont, EUA, 117 p.

- Eltahir, E.A.B. y E.J. Humphries. 1998. The role of clouds in the surface energy balance over the Amazon forest. *International Journal of Climatology* 18 (14): 1575-1591.
- Ehrlich, P. R. y A. H. Ehrlich. 1981. *Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species*. Random House, Nueva York, 305 p.
- Hardin, G. H. 1998. Extensions of 'The Tragedy of the Commons'. *Science* 280: 682-683.
- Hesp, P. 2000. Coastal sand dunes. Form and function. CDVN Technical Bulletin. No. 4, Massey University, Nueva Zelanda, 29 p.
- Hodgson, G. y J. A. Dixon. 1988. Logging versus fisheries and tourism in Palawan. East-West Environment and Policy Institute, Honolulu, Hawaii, 85 p.
- Lara-Domínguez, A.L., A. Yáñez-Arancibia y J. C. Seijo. 1998. Valuación económica de los servicios ambientales. En: R.M. del Pont Lalli (ed.). Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. CONABIO, México, pp: 23-44.
- Lawton R. O., U. S. Nair, R. A. Pielke. 2001. Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests. *Science* 294(5542): 584-587.
- Margulis, L. y K. V. Schwartz. 1985. *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los phyla de la vida en la tierra*. Ed. Labor. Barcelona. 335 p.
- Mitsch, W. J. y J. G. Gosselink. 2000. *Wetlands*. J. Wiley and Sons, Nueva York, 920 p.
- Myers, F. M. y G. F. White. 1993. The challenge of the Mississippi flood. *Environment* 35 (10): 6-8.
- Myers, N. 1997a. Biodiversity's genetic library. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Nueva York, pp: 255-274.
- Myers, N. 1997b. The world's forests and their ecosystem services. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Nueva York, pp: 215-236.
- Norse, E. A. 1993. *Global Marine Biological Diversity*. Island Press., Washington D.C., 383 p.
- Peterson, Ch. H. y J. Lubchenko, 1997. Marine ecosystem services. En: G.C. Daily (ed.). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Nueva York, pp: 177-194.
- Postel, S.L y S. Carpenter. 1997. Freshwater ecosystem services. En: Daily, G.C. (Ed.). *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Nueva York, pp. 177-214.
- Ruitenbeck, J. 1992. The rainforest supply price: a tool for evaluating rainforest conservation expenditures. *Ecological Economics* 6 (1): 57-78.
- Salati, E. y C. A. Nobre. 1992. Possible climatic impacts of tropical deforestation. *Climate Change* 19: 177-196.
- SEMARNAT. 2003. Página web de la Secretaría del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Departamento de Estadística e Información Ambiental.
- Shiklomanov, I. A. 1993. World freshwater resources. En: P. H. Gleick (ed.) *Water in crisis: a guide to the worlds freshwater resources*. Oxford University Press, Londres, pp: 13-24.
- World Resources Institute. 1992. *World Resources, 1992-93*. Oxford University Press, Nueva York.