

Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925

El valor de los servicios ambientales en la cuenca baja del río Mayo

Alma Angelina Haro Martínez*

Héctor Manuel Arias Rojo**

Isabel Cristina Taddei Bringas***

Resumen:¹ en este trabajo se presentan los resultados de la valoración económica de los servicios ambientales, para la cuenca baja del río Mayo, en Sonora, en el noroeste de México, donde las actividades económicas han impactado severamente y sustituido los ecosistemas naturales en la mayor parte del territorio. La metodología utilizada consistió en la delimitación de los servicios en función de su distribución espacial y, en algunos casos, se usaron componentes de los ecosistemas como proxy. Se compararon nueve servicios, que abarcan los cuatro grupos de funciones ecosistémicas (regulación, soporte, provisión y cultural). Los cálculos se basaron en valores estimados de mercado por servicio y por unidad de área. Esto generó nueve mapas individuales y uno donde se integra el valor total por unidad de área.

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Carretera a La Victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora. Teléfono: (662) 289 2400. Correo electrónico: haro.alma@gmail.com

** Instituto para la Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, A. C. Cerrada San Luis Obispo # 11, Capistrano Residencial, Hermosillo, Sonora. Teléfono: (662) 244 6048. Correo electrónico: hector.arias@igich.org

*** Investigadora titular y coordinadora de Desarrollo Regional del CIAD. Carretera a la Victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora. Teléfono (662) 289 2400. Correo electrónico: ctaddei@ciad.mx

¹ Los resultados presentados aquí forman parte del estudio “Saneamiento de la cuenca baja del río Mayo 2009” (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA 2010).

Palabras clave: valoración; servicios ambientales; cuencas; río Mayo; sustentabilidad.

Abstract: this article discusses and proposes an ecosystem valuation of the lower Mayo River watershed, in northwestern Mexico, where economic activities have impacted services and replaced natural ecosystems in most of the territory. The study's methodology involved mapping services based on their spatial distribution, in some cases using ecosystem components as proxies. Nine ecosystem services covering four groups of functions (regulation, support, delivery and cultural) were compared. Calculations were made based on estimated market values by service and area, producing nine individual service maps and one map integrating the total value per area unit.

Key words: valuation; ecosystem services; río Mayo; watershed; sustainability.

Introducción

Los seres humanos obtienen gran cantidad de beneficios de los ecosistemas; están los insumos materiales, que sostienen la producción de bienes, y los servicios fundamentales, que sostienen la vida. Ambos conforman los llamados servicios de los ecosistemas o ambientales (Daily et al. 1997; Costanza et al. 1997). El aumento de la población y el desarrollo económico han propiciado el uso indiscriminado de los recursos en los ecosistemas ocasionando alteración de sus funciones y, por tanto, disminución de su capacidad para proporcionar los servicios como en el pasado, lo que afecta el bienestar de las sociedades humanas (Pagiola et al. 2004).

De acuerdo con Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005), la degradación de los ecosistemas podría crecer significativamente en los próximos años, y amenazar la salud y medios de subsistencia de la población. Ante tal pronóstico, es necesario desarrollar estrategias y

herramientas útiles que fomenten nuevas prácticas de manejo, sobre todo a escala regional, ya que es en este ámbito donde se toma buena parte de las decisiones gubernamentales.

La valoración ambiental permite contabilizar los servicios ambientales, ya sea físicamente o mediante la asignación de un valor monetario. Su importancia radica en que establece parámetros que muestran la estructura, funcionamiento, escasez y condición de los ecosistemas (Howarth y Faber 2002), y con ello posibilita conocer su capacidad para proporcionar bienestar al ser humano y mejorar las decisiones colectivas sobre ellos, tanto en la planeación como en la gestión de las regiones, de tal manera que se propicie el aprovechamiento sustentable, el mantenimiento, la conservación o la restauración de dichas áreas (Laurans et al. 2013).

La justificación sobre la necesidad de una valoración económica es evidente, en un entorno donde por lo general es el dinero la unidad de medida para la toma de decisiones. Incluso cuando se hable de servicios ambientales sin valor en los mercados, es necesario referirse a ellos en términos monetarios, puesto que las acciones de conservación compiten por recursos con el desarrollo y la sociedad. Aunque éstos no sean exclusivamente monetarios, se requieren indicadores que permitan compararlos. Entonces, la valoración monetaria se convierte en una necesidad, ya que contar con indicadores económicos para el ambiente permitirá contrastar los servicios que genera con los diversos usos y beneficios económicos y sociales involucrados en el manejo de las regiones, y con ello avanzar hacia una toma de decisiones informada y acertada.

En la actualidad, la cuantificación espacial y económica de los servicios ambientales es cada vez más reconocida como una forma de comunicar la importancia de la conservación de los ecosistemas, y así permite evaluar cómo varían los valores en el espacio, e incorporar las relaciones de las áreas con los beneficiarios. Esto permite elaborar políticas que garanticen el suministro de los servicios ambientales (Serna Chávez et al. 2014; Schagner et al. 2013; Berkel y Verburg 2012).

En este artículo se presentan los resultados de la valoración económica de los servicios ambientales en la cuenca baja del río Mayo, en el noroeste de México, donde las actividades productivas han tenido

un impacto desfavorable y sustituido los ecosistemas naturales en la mayor parte del territorio. Para obtener dichos resultados se aplicó una metodología basada en valores de mercado, adaptada a la escala regional. Se delimitaron los servicios en función de su distribución espacial o bien mediante el uso de algunos componentes de los ecosistemas como proxy. Se utilizaron nueve servicios ambientales, que abarcan los cuatro grupos de funciones (regulación, soporte, provisión y cultural). Las estimaciones se obtuvieron por servicio y por unidad de área (ha), y el resultado fue la generación de nueve mapas individuales y uno más que integra el valor total por unidad de área.

Área de estudio

El estudio se realizó en la cuenca baja del río Mayo, también conocida como bajo río Mayo o subcuenca río Mayo-Navojoa, con una extensión de 5 397 km², que comprende los municipios de Navojoa, Etchojoa, Huatabampo y pequeñas porciones de los de Quiriego y Álamos. Forma parte de la cuenca del río Mayo, cuya superficie es de 11 842 km². La subcuenca se extiende desde la salida de la presa Adolfo Ruiz Cortines (El Mocúzari) hasta su desembocadura al golfo de California, como se aprecia en la figura 1.

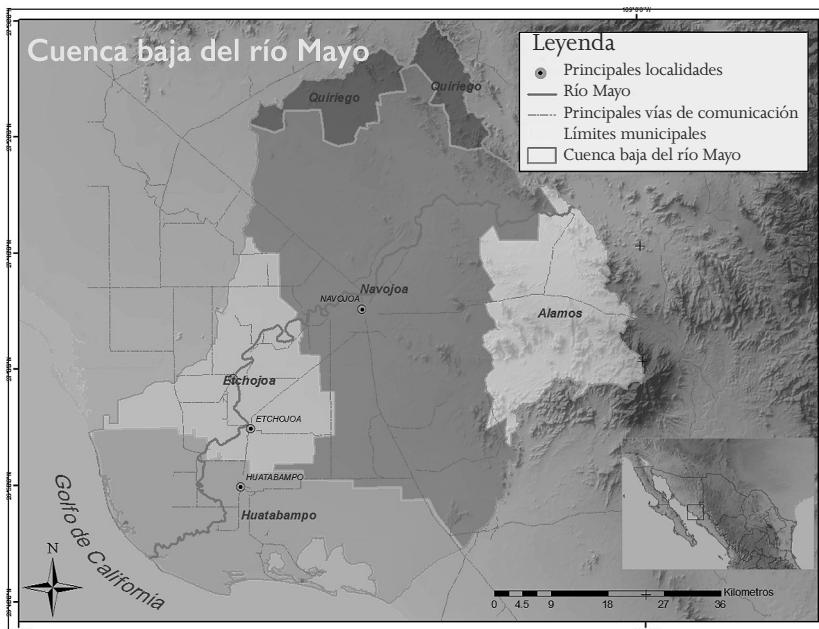
Problemática

Los escurrimientos están definidos por el relieve y en las llanuras se forma un delta dinámico, donde se confunden los escurrimientos esporádicos con los de la corriente principal. Además, existen varias corrientes efímeras, es decir, que sólo conducen agua después de un evento de lluvias, que no necesariamente drenan a la principal, pero que se consideran parte del área de drenaje del río Mayo. Estas corrientes efímeras se han convertido en la actualidad en drenes agrícolas del distrito de riego 038 Río Mayo, Sonora, el cual constituye el soporte de las actividades económicas de la zona de interés, donde la agricultura de riego es la actividad primordial. El distrito de riego cubre una superficie de 114 000 ha, de las cuales 97 891 están empadronadas, pero sólo se riegan 88 124 (CONAGUA 2010).

De acuerdo con esta fuente, a partir de la construcción de la obra de almacenamiento más importante de la región, la presa Adolfo

Figura 1

Cuenca baja del río Mayo



Fuente: elaboración propia.

Ruiz Cortines, en la década de 1950, la cuenca ha experimentado un crecimiento de las actividades productivas, en especial de la agricultura. Esto ha fomentado un incremento de la población y concentración urbana, que ha llevado a una producción creciente de residuos y ocasionado degradación, que se evidencia en la condición del agua y el suelo. La problemática es visible en los ecosistemas de agua dulce como el río Mayo y en los arroyos, así como en los costeros como humedales, manglares, esteros y lagunas.

Una de las causas principales de la degradación ambiental es el manejo inadecuado de aguas residuales, las cuales son vertidas sin tratamiento a las corrientes naturales y drenes, que las trasportan hasta desembocar en los cuerpos de agua; durante su recorrido existe una infiltración al manto freático, por lo que las aguas subterráneas también se contaminan.

En la red de drenes agrícolas se identifican descargas domésticas, de industrias e instalaciones para la ganadería intensiva como establos, granjas porcícolas y avícolas. De los municipios por los que cruza el río Mayo, sólo Huatabampo cuenta con infraestructura para tratamiento de aguas residuales, y en el parque industrial de Navojoa existe una laguna de oxidación. Asimismo, está presente la contaminación difusa, provocada por el manejo y aplicación de agroquímicos, a través de la red de drenes agrícolas. Además, de las descargas a los cuerpos lagunares o al mar, procedentes de la actividad acuícola y pesquera (CONAGUA 2010).

Otra problemática grave es la disposición de residuos sólidos, debido a la diseminación de basura generada en las ciudades y comunidades rurales. Aunque las primeras cuentan con tiraderos (a cielo abierto y sin tratamiento alguno), en las segundas la dispersión de las localidades agrava el problema.

Esta situación perjudica la salud de la población, además pone en riesgo la sostenibilidad de la región, lo que revela la necesidad de detener y, de ser posible, revertir el problema a partir de la restauración de las condiciones ambientales. Para ello se requiere conocer los efectos económicos que dicha intervención tendría sobre las actividades productivas y los beneficios ambientales potenciales que representaría invertir en la conservación.

Metodología

La metodología utilizada se basó en una aproximación espacial a escala regional. Se hizo una delimitación geográfica de los servicios en la cuenca, y se valoraron con base en los valores económicos de grupos de servicios ambientales, mismos que se delimitaron espacialmente en función del uso del suelo o bien de factores biofísicos relacionados con su funcionamiento. Los cálculos se basaron en el precio de producción de las actividades económicas, obtenido de manera directa o indirecta.

La aplicación de esta metodología arrojó información sobre el valor económico producido por hectárea en la región, que permitirá realizar comparaciones con cualquier actividad evaluada. De esta for-

ma será posible modificar, sustituir o eliminar la condición actual del territorio a partir de una toma de decisiones informada y acertada, tanto para el ambiente como para la sociedad.

De acuerdo con MEA (2005), los servicios ambientales se clasifican en cuatro categorías primarias, con base en la función que desempeñan: a) de regulación, se refiere a la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales; b) de provisión, representa los bienes para el consumo humano como los materiales, la comida y los recursos energéticos, entre otros; c) culturales, los que ofrecen oportunidades para la reflexión, el enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la recreación y la experiencia estética y d) de soporte, los necesarios para mantener la producción de servicios ubicados en los tres grupos anteriores. Y, por lo general, sus efectos sobre las personas son relativamente directos y de corto plazo, a diferencia de los otros tres cuyas repercusiones son indirectas o pueden darse a largo plazo (ibid., 2005).

En la presente investigación se consideraron servicios de los cuatro grupos; sin embargo, en los de regulación sólo se valoraron los relacionados con el riesgo, o bien los derivados de la función de regulación de desastres naturales. El resto no se incluyó, ya que se requiere de mayor información sobre su funcionamiento y los elementos que intervienen en su producción; se valorarán en trabajos posteriores, con algunas modificaciones a la metodología para ser integrados al valor total por unidad de área, o bien para complementar los valores monetarios.

Los ecosistemas naturales de la subcuenca de estudio se han sustituido en la mayor parte del territorio, debido a los daños ocasionados por la expansión de las actividades productivas y al crecimiento y dispersión de la población. Esto indica que una parte de los servicios ambientales de regulación y soporte no funciona como debería, para satisfacer las necesidades de la región. Ante tal deterioro, para cubrir estas necesidades se recurre a los servicios implementados aguas arriba de la subcuenca.

La metodología se simplifica debido a las restricciones señaladas y a que los servicios considerados en el área involucran elementos que se pueden valorar con precios de mercado. Esto facilita la actualización anual de los valores, lo que permitirá detectar los beneficios

obtenidos por la restauración de las condiciones ambientales. Es posible también que después surjan servicios adicionales, que aumenten el valor del área. Además, se contaría con elementos de decisión orientados a enfocar los recursos en zonas con potencial de desarrollo, lo que posibilitaría que las nuevas actividades se llevaran a cabo de manera sustentable.

El hecho de que la metodología se base en una aproximación espacial a escala regional permitirá hacer una evaluación anual de varios servicios en sitios similares, sólo sustituyendo las actividades de la nueva región por valorarse. Aun cuando el método de trasferencia de valor sea una herramienta imperfecta, se considera válida porque hay algunas similitudes entre las regiones (Liu et al. 2011).

Servicios valorados

Los servicios valorados se ubican en las cuatro categorías básicas de la clasificación establecida por MEA (2005), de acuerdo con la función que desempeñan. En los ambientales de soporte, que comprenden los necesarios para la producción del resto, se valoró el nodrizaje o refugio de especies marinas. En los culturales, en los que los ecosistemas proporcionan oportunidades para la reflexión, la recreación y la experiencia estética, se consideró la belleza escénica y la recreación; para la primera se valoró el paisaje y la cacería y el turismo para la segunda.

En cuanto a los servicios de provisión, los referidos a la capacidad de la naturaleza de proporcionar bienes para consumo humano, a través de la fotosíntesis y captura de nutrientes, se englobaron la agricultura, la ganadería y la acuacultura. Por último, en el grupo de funciones de regulación, relativos a la capacidad de los ecosistemas de regular procesos ecológicos esenciales para la vida, sólo se valoraron los de prevención de inundaciones y sequía, como parte de la función de prevención de desastres naturales (véase figura 2).

Cuando las condiciones del sistema natural de un lugar se alteran para que se realice alguna actividad productiva, las superficies afectadas pierden el valor por su carácter biológico o la función ambiental que desempeñan; sin embargo, adquieren el valor de la actividad sustituta. Por lo general son los de provisión, y la delimitación está dada

Figura 2

Servicios ambientales valorados para la cuenca baja del río Mayo

Tipo de función	Servicios	Procesos
Provisión	Suministro de alimento	Provisión por agricultura
		Provisión por ganadería
		Provisión por acuacultura
Soporte	Producción primaria en lagunas costeras	Nodrizaje de especies pesqueras
Cultura	Belleza escénica	Disfrute de paisaje
	Recreación	Ecosistemas naturales para el turismo
		Ecosistemas naturales para la caza
Regulación	Regulación de desastres naturales	Prevención de inundaciones
		Prevención de sequía

Fuente: elaboración propia, con información de MEA (2005) y Wallace (2007).

por la misma actividad humana; su valor depende de las condiciones de la producción, sobre todo de las áreas utilizadas y los ingresos que genera. Los servicios culturales y de soporte surgen de valores indirectos de mercado, derivados de la condición natural de los sitios donde se realiza la actividad valorada.

Modelos de representación espacial

Delimitación del servicio

La delimitación de los servicios requirió, como información espacial base, un mapa de uso de suelo, en el que se ubicaron las actividades productivas. Se localizaron superficies agrícolas, las granjas acuícolas, avícolas, porcícolas y otro tipo de ganado estabulado, así como lagunas costeras y zonas de aprovechamiento cinegético. Algunos servicios fueron mapeados en función de la vegetación o tipo de suelo, como en los ecosistemas naturales con valor turístico, el nodrizaje y la ganadería extensiva, o bien, en función de alguna característica del suelo, como los terrenos con valor paisajístico.

Representación espacial y asignación de valor

Los modelos de representación espacial de los servicios que involucran las actividades productivas se construyeron con la información biofísica espacial de cada una. El valor se asignó a partir de sus valores de producción, utilidad promedio aproximada y extensión superficial, y se distribuyó de acuerdo con la resolución o el detalle de la in-

Figura 3

Indicadores y recursos necesarios para generar el valor de los servicios ambientales

Procesos	Indicadores de medición	Requerimientos
Provisión por agricultura	Utilidad/ha	Valor de la producción y superficie
Provisión por ganadería	Utilidad/ha	Valor de la producción y superficie. Para ganadería de bovinos, además se requiere tipo de vegetación y coeficiente de agostadero
Provisión por acuacultura	Utilidad/ha	Valor de producción y superficie de granjas en funcionamiento
Nodrizaje de especies pesqueras	Costo de producción de especies pesqueras	Costo de producción de especies pesqueras, superficie de mangle y vegetación asociada
Disfrute de paisaje	Precio de mercado de zonas con valor escénico	Precio en el mercado de terrenos en áreas ribereñas y costeras
Ecosistemas naturales para el turismo	Derrama turística	Visitantes y gastos promedio
Ecosistemas naturales para la caza	Derrama por unidad de manejo (UMA)	Especies registradas, permisos, costo y valor de especies en el mercado
Prevención de inundaciones	Pérdidas/ha	Basado en las pérdidas por inundación en hogares, agricultura, infraestructura y salud provocadas por el huracán Lowell en la cuenca del río Mayo (CONAGUA 2008)
Prevención de Sequía	Pérdidas/ha	Valor de la producción, rendimiento y superficie que se ha dejado de sembrar

Fuente: elaboración propia.

formación. Por ejemplo, para la agricultura los datos fueron generados por los 16 módulos del distrito de riego 038 Río Mayo, Sonora; en la ganadería extensiva, los valores se asignaron en función de la capacidad de la vegetación para soportar la carga animal.

Para el resto de los servicios o para los que no se cuenta con valores exactos de producción, como el turismo, el disfrute de paisaje y los espacios para la cacería deportiva se requirió una estimación, con un proceso distinto para cada uno. En el primer caso se trabajó con las áreas propias para el turismo, el cálculo de visitantes y los gastos promedio; en el segundo, con localización de zonas con valor escénico y su precio de mercado y, en el tercero, se calcularon valores en función de los estándares de caza permitidos por UMA; el costo por acceder a ella y el valor del ejemplar en el mercado, cuya integración fue dividida de manera homogénea en el área de la misma UMA. La figura 3 muestra los indicadores considerados para estimar el valor de los servicios ambientales, así como algunos de los requerimientos para hacerlo.

Resultados

Para la valoración de los nueve servicios ambientales se utilizó el enfoque espacial; se obtuvo un mapa por cada uno, y otro por el valor total, y el de cada uno se sacó con el método costo de reemplazo o sustitución, para lo que se usó la técnica de asignación de valores con base en precios de mercado, ya sea de forma directa o indirecta. Los valores se estimaron en función de la utilidad anual de la actividad, y aparecen distribuidos por unidad de área (ha) y expresados en pesos mexicanos de 2007. Además, puesto que para cada servicio se cuenta con una base de datos anexa, es posible obtener los valores totales para cada uno, que aparecen listados en esta sección.

El componente espacial de esta valoración es de suma importancia, ya que ofrece información sobre los espacios ocupados por la actividad, y ubica aquéllos donde la productividad es menor; ello permite que estos aspectos sean considerados en la toma de decisiones sobre el área o la actividad económica. Enseguida se muestran dichas representaciones por servicio. Los resultados proporcionan informa-

ción útil para la toma de decisiones, en particular para el proyecto de saneamiento de la cuenca baja del río Mayo.

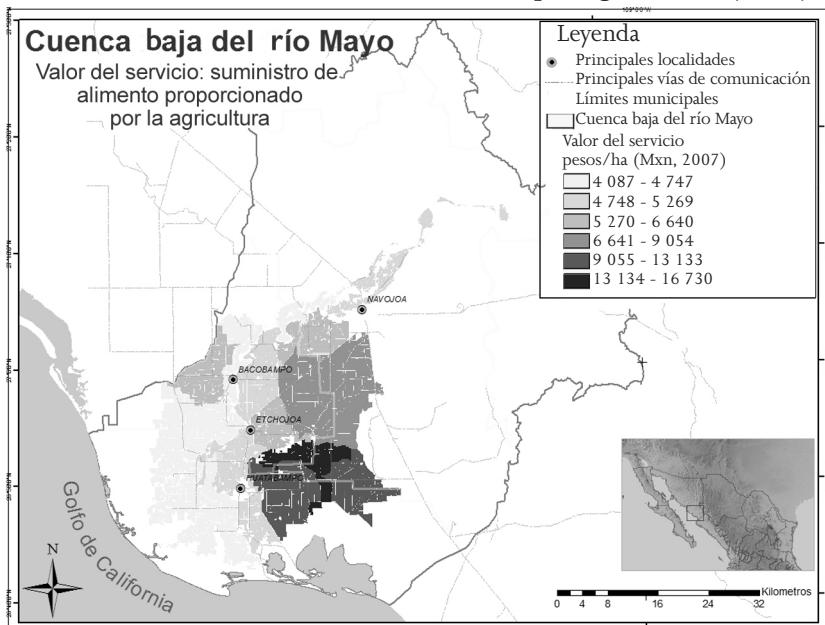
Suministro de alimento

Provisión por agricultura

La agricultura es la actividad más importante de la región debido, principalmente, a su impacto social. El distrito de riego 038 Río Mayo, Sonora, se encuentra organizado en 16 módulos con superficies aproximadas de entre 3 mil y 10 mil hectáreas, que suman cerca de 100 mil, cuyo valor de producción anual va desde los 66 millones de pesos hasta los casi 300. A pesar de ello, la utilidad anual por hectárea es baja en todos los módulos, como se muestra en la figura 4. Lo anterior implica la utilización y deterioro de los recursos naturales del área, a cambio de cantidades tan pequeñas que no alcanzan un salario mínimo, si se considera que los montos de utilidad son anuales.

Figura 4

Valor del servicio suministro de alimento por agricultura (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con información del distrito de riego 38.

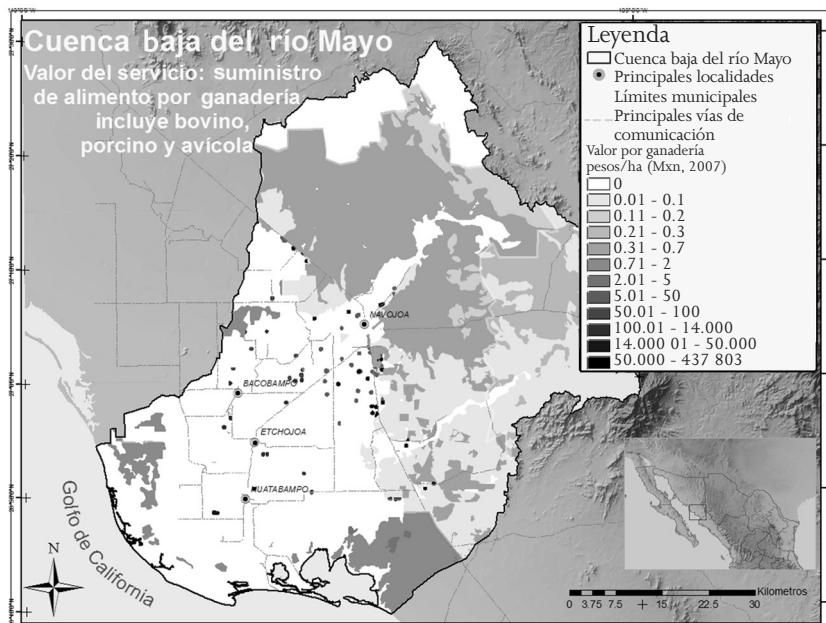
Más de 80 por ciento de la superficie está dividida en parcelas menores a las 10 ha, y más de 95 no llega a las 50. Esto significa que las parcelas por propietario son tan pequeñas que no alcanzan para mantener a una familia, por consiguiente genera una alta tasa de “rentismo”, ya que un porcentaje alto de los predios son arrendados por los productores.

Provisión por ganadería

La ganadería es la segunda actividad más importante del área, predomina la bovina, porcina y avícola y, en menor proporción, la ovina y caprina. La producción de la ganadería porcina en 2012 ascendió a 1 728 millones de pesos y a 251 el de la bovina, caprina y ovina, equivalente a 31 y 13 por ciento del total estatal respectivamente. La valoración con un enfoque espacial permite evidenciar que el valor de

Figura 5

Valor del servicio suministro de alimento por ganadería (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con base en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA (2008).

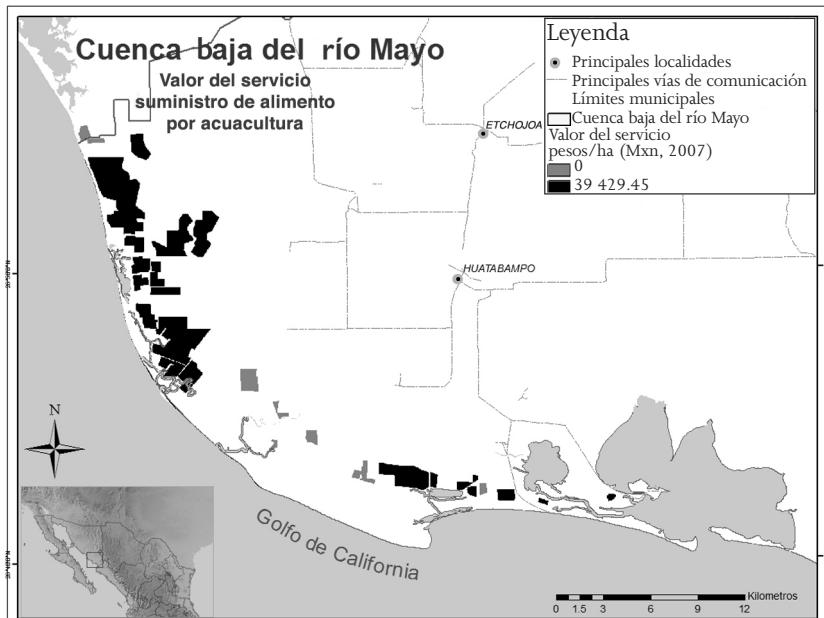
la ganadería bovina es menor, aunque su área de distribución es más extensa, ya que para el resto de las especies ganaderas predomina el manejo intensivo, lo cual puede advertirse en la figura 5; los valores más altos se concentran en los sitios de ganado estabulado, ubicados dentro del distrito de riego, con pocas excepciones. Es necesario destacar que, para efectos de visualización, en la figura 5 los rangos de valores no son iguales.

Provisión por acuacultura

La acuacultura en Sonora es una fuente importante de divisas, que en 2011 superaron los 540 millones de dólares (SAGARPA 2012). Sin embargo, para establecer una granja acuícola se requiere del desmonte del lugar donde se ubicará, por lo que éste ya no se valora en función de su biodiversidad y los servicios de regulación que prestaba, sino de la provisión de alimento, por lo que adquiere el valor

Figura 6

Valor del servicio suministro de alimento por acuacultura (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con base en SAGARPA (2008).

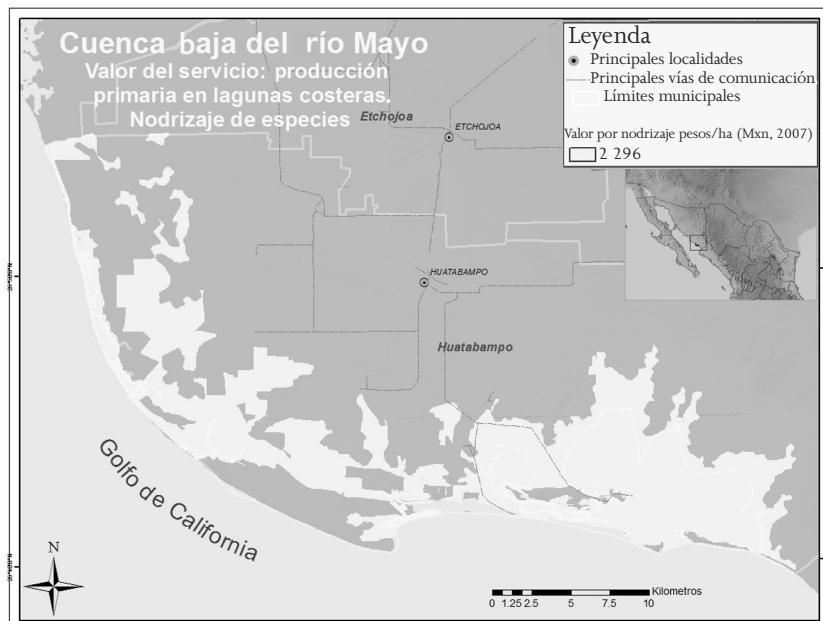
de la producción ahí generada o el de su utilidad, de acuerdo con el método de valoración empleado. En este caso, la utilidad total obtenida por la acuacultura se dividió entre la superficie de granjas en funcionamiento (véase figura 6).

Producción primaria en lagunas costeras Nodrizaje de especies pesqueras

La naturaleza proporciona el nodrizaje de especies a través de las lagunas costeras. Estos humedales se asocian con cierto tipo de vegetación, que cuenta con las estructuras físicas apropiadas y los nutrientes necesarios para la reproducción de especies. El mangle y la vegetación halófila son los más comunes, de ahí que a ambos se les asignara el valor por nodrizaje, que fue homogéneo debido a que, como lo sugiere Flores Verdugo (2008), la producción de especies pesqueras

Figura 7

Valor del servicio producción primaria en lagunas costeras
para nodrizaje de especies (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con base en Flores Verdugo (2008).

por superficie de mangle y vegetación asociada es, en promedio, de 800kg/ha al año (véase figura 7).

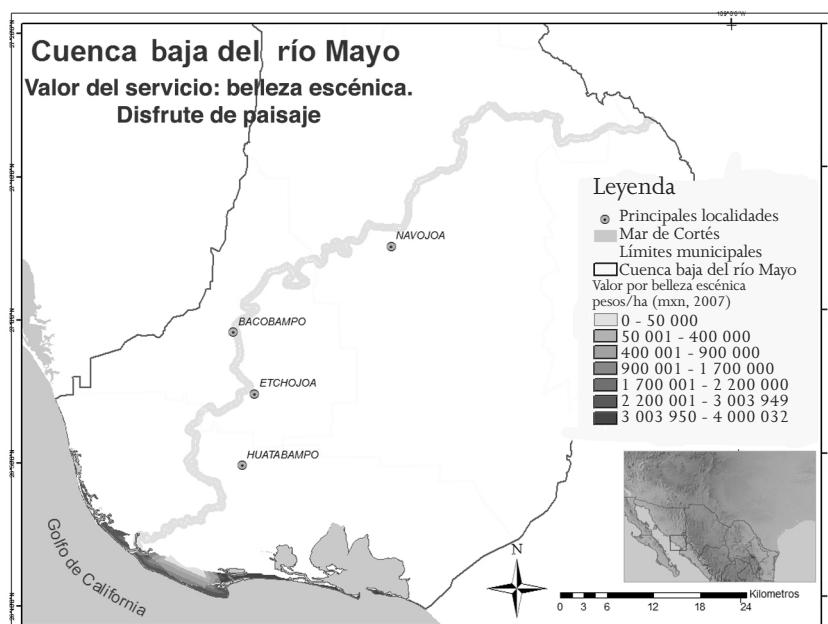
Belleza escénica

Disfrute de paisaje

El valor de los sitios por disfrute de paisaje está basado en el precio de los terrenos en la actualidad, esto implica franjas ribereñas o costeras con poca o nula infraestructura, pero en las que se infiere un alto valor escénico. El resultado muestra que las costas con playas arenosas valen más que los lugares con vegetación de dunas y en la zona del río. Por otra parte, la distancia a la playa y la accesibilidad por medio de caminos son factores decisivos en la determinación de los valores (véase figura 8).

Figura 8

Valor del servicio belleza escénica por disfrute de paisaje (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con base en Gobierno del Estado de Sonora (2008).

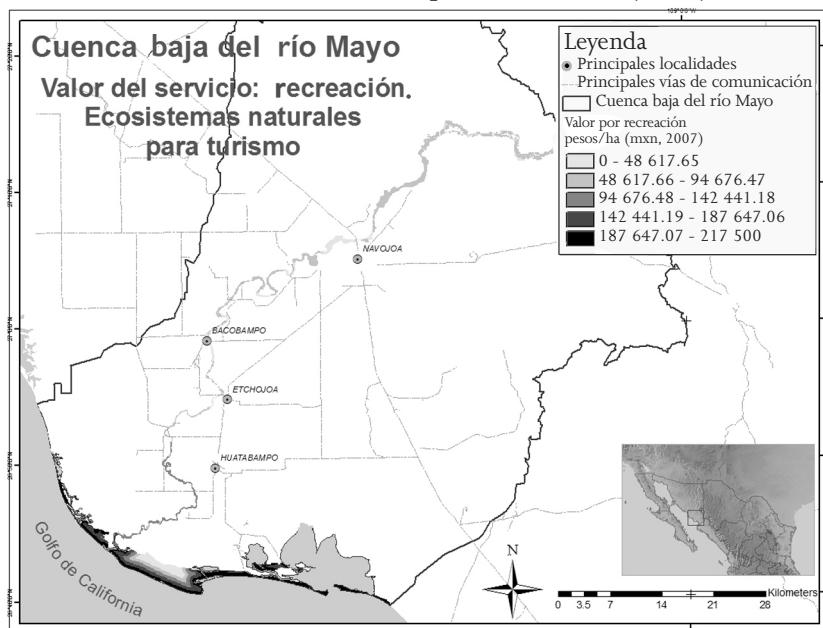
Recreación

Ecosistemas naturales para el turismo

La cuenca baja del río Mayo no tiene alta afluencia turística, sin embargo, por lo general existe turismo local. Los valores obtenidos a partir de la cantidad de visitantes se asignaron a la vegetación de galería para el área del río y la costa. La representación permite advertir, para el primer caso, que ciertas regiones ven disminuido su valor debido a que se identifican con problemas de contaminación por algún tipo de desechos (doméstico o industrial). Para la costa, los valores más pequeños se relacionan con el tipo de suelo y la poca accesibilidad. La figura 9 muestra los resultados donde se aprecia que los mayores valores se ubican en la franja de playa.

Figura 9

Valor del servicio recreación por mantenimiento
de ecosistemas naturales para el turismo (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con base en Gobierno del Estado de Sonora (2008).

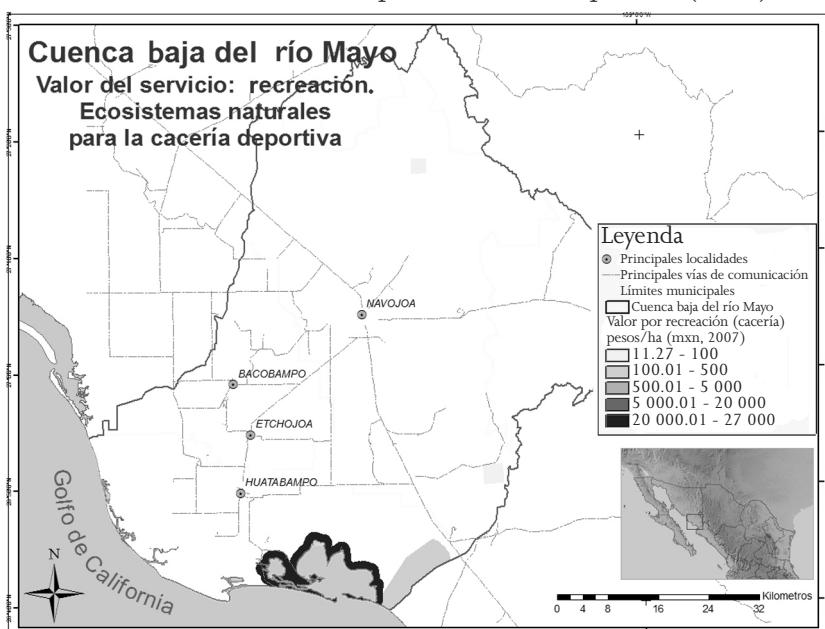
Ecosistemas naturales para la caza

En los municipios que comprende la cuenca baja del río Mayo se localizan seis unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, con 18 804 ha; aunque en los últimos tres años sólo cuatro de ellas han tenido aprovechamiento, y suman 9 191 (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura, SAGARHPA 2008).

Las especies principales registradas en el territorio se limitan a venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí (*Sus scrofa*), pequeños mamíferos y un amplio número de especies de aves, entre las que se encuentran patos (*Anas acuta*) y cercetas (*Anas discors*), branta negra (*Branta bernicla nigricans*), paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) y paloma huilota (*Zenaida macroura*). Arededor del sistema lagunar Yavaros-Mo-

Figura 10

Valor del servicio recreación por mantenimiento de ecosistemas naturales para la cacería deportiva (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, con información de SAGARHPA (2008).

roncarit se ubica el sitio más significativo y, por ende, el de mayor valor del estado en la caza de aves tanto locales como migratorias. Los valores se asignaron en función tanto de la cantidad de permisos como de su costo, además de considerarse los gastos que implica la caza de las especies. La figura 10 muestra la superficie con importancia cinegética y los valores obtenidos por hectárea.

Regulación de desastres naturales

Prevención de inundaciones

El deterioro de los servicios ambientales ha sido determinante en la incidencia de diversos fenómenos que en los últimos tiempos han afectado al ser humano, como sequías, inundaciones, azolvamientos, cambio climático y desertificación (Azqueta 2002). Las inundaciones son un claro ejemplo de ello, y se presentan debido a la alteración de los ciclos hidrológicos, ya que la cantidad y calidad de los flujos de agua están dadas por la capacidad de las cuencas para retenerlos; es decir, cuando el agua de lluvia cae, una parte de ésta es absorbida por el suelo, otra se evapora y el resto corre de manera superficial en arroyos.

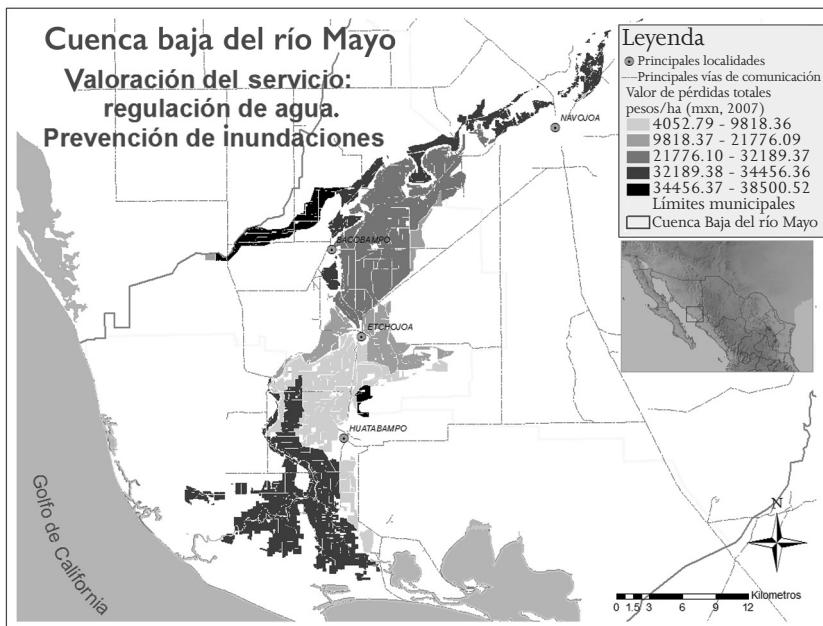
Cuando la remoción de la cobertura vegetal deteriora las áreas de captura, el suelo no puede retrasar las corrientes debido a la falta de raíces para absorber el agua y de mantillo para impedir la compactación de la superficie, y esto origina inundaciones repentinas y violentas (Daily et al. 1997).

Las inundaciones son fenómenos frecuentes en el mundo, sus causas, por lo general están relacionadas con alteraciones de la naturaleza, como la deforestación. Al respecto, existen muchos casos documentados en los últimos años, como los de Niger, en 2010 (Descroix et al. 2012); Australia, en 2011 (Okada et al. 2014); Minot, Dakota del Norte, Estados Unidos, en 2011 (Atkinson 2014), y múltiples eventos en Europa y Japón (Deasy et al. 2014; Tezuka et al. 2014). En México pueden referirse el caso de Tabasco, en 2007, donde 80 por ciento del territorio de la entidad quedó bajo el agua (SEMARNAT 2008); el de Guaymas y Empalme, en 2009; el de Veracruz, en 2010 y, por supuesto, el de la cuenca baja del río Mayo, en 2008, que ocasionó inundaciones y otros daños (CONAGUA 2013),

cuya cuantificación es una forma de establecer el valor que tendría que la naturaleza proporcionara el servicio de regulación de desastres naturales, que en este caso se traduce en prevención de inundaciones. Tal cuantificación comprende las pérdidas en 9 074 hogares y en 29 263 hectáreas agrícolas principalmente, aunque se incluyen algunos otros aspectos como los vinculados con infraestructura y salud. La figura 11 muestra las zonas de inundación y su valor por superficie, según las pérdidas económicas asociadas.

Figura 11

Valor del servicio regulación de desastres naturales para prevención de inundaciones (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, a partir de CONAGUA (2008).

Prevención de sequías

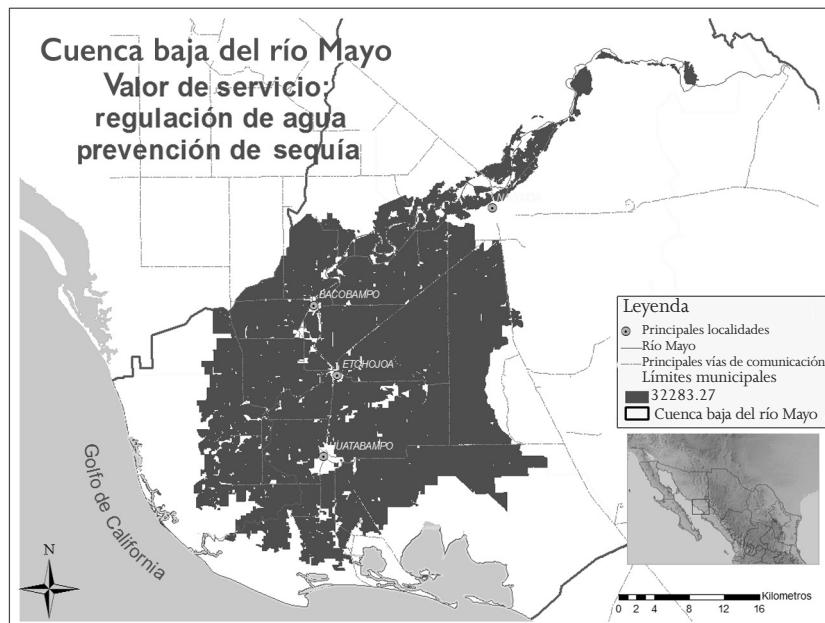
La sequía es frecuente en la cuenca baja del río Mayo; es una condición normal y recurrente del clima, que puede ocurrir en todas las zonas climáticas, aunque sus características varían significativamente

de una región a otra, y produce efectos severos en el medio ambiente, en la sociedad y la economía. Los desastres naturales, cuando son graves, se constituyen en detonadores de problemas sociales, económicos y políticos preexistentes. La ausencia o escasez del agua altera la vida y provoca que surjan conflictos, y se presenten situaciones especiales que no aparecen con tanta claridad en la normalidad. Por otra parte, el cambio climático aumenta la frecuencia y severidad de las sequías, con efectos mayores en las zonas áridas (Velasco 2008).

En la actualidad, las 97 881 ha del distrito de riego constituyen la superficie física afectada por sequía; hay una relación entre los años que se ha sembrado menos, con la falta de agua (CONAGUA 2010). La diferencia entre la superficie sembrada y la física es la que se dejó de sembrar; los valores se obtienen a partir del rendimiento por hectárea (véase figura 12).

Figura 12

Valor del servicio regulación de desastres
para prevención de sequías (\$/ha)



Fuente: elaboración propia, a partir de CONAGUA (2008).

Valor total

La suma espacial o interacción de pixeles, localizados en la misma región del espacio, de cada uno de los servicios valorados da como resultado el valor por unidad de área. Aunque obtener un valor total del área no fue el objetivo del presente estudio, la figura 13 contiene un resumen de los resultados por servicio. Si bien dichos valores pueden considerarse altos, no llegan a sumar el valor real de los servicios en la zona, ya que constituyen sólo una parte de ellos. La figura 14 muestra el valor total o los valores por unidad de área. Como se puede observar, los más bajos se registran en los servicios de provisión de alimento a través de la agricultura, en cuyo ámbito de competencia prácticamente no se suma otro, ya que por lo general en esos sitios no se puede realizar otra actividad productiva relevante.

Por otro lado, los valores del servicio alimento proporcionado por la ganadería, sobre todo la porcícola y bovina, indican rentabilidad financiera; sin embargo, ambas resultan agresivas con el medio ambiente, cuando no se cuenta con los esquemas de aprovechamiento

Figura 13

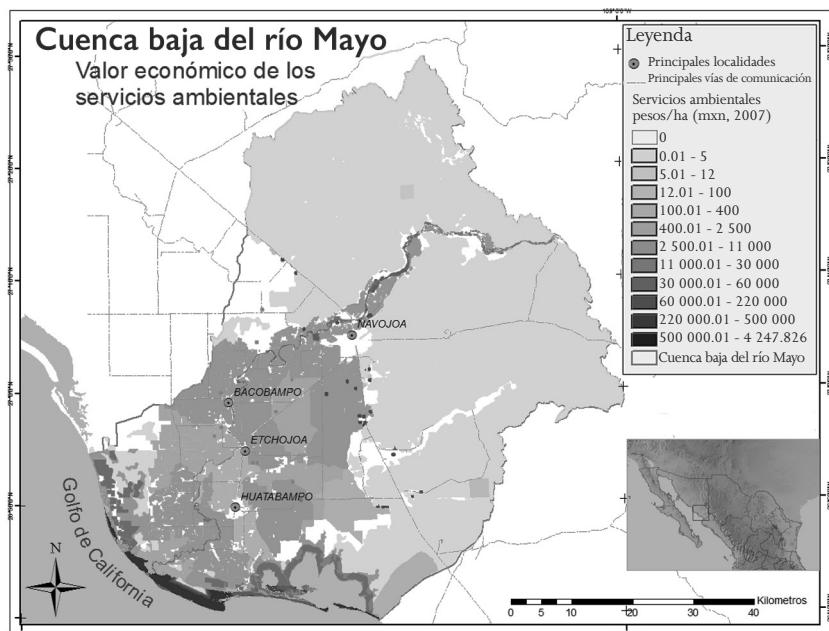
Valor total de los servicios ambientales en la cuenca baja del río Mayo

Servicios ambientales	Valor (pesos)	Superficie (ha)
Provisión de alimento por agricultura	683 103 395	97 881
Provisión de alimento por ganadería	14 633 360 627	264 649
Provisión de alimento por acuacultura	160 416 640	4 544
Mantenimiento de especies pesqueras	60 700 569	7 521
Disfrute de paisaje	12 869 560 858	4 506
Ecosistemas naturales para el turismo	1 222 733 221	7 295
Ecosistemas naturales para la caza	91 226 970	24 173
Prevención de inundaciones	771 264 600	29 263
Prevención de sequía	380 507 357	97 881
Valor total de los servicios ambientales	30 872 874 237	445 546

Fuente: elaboración propia.

Figura 14

Valor económico de los servicios ambientales
de la cuenca baja del río Mayo (\$/ha)



Fuente: elaboración propia.

adecuados; ejemplos de ello son la emisión de desechos no tratados de la actividad porcícola y la sobreexplotación de los recursos naturales de la ganadería extensiva de bovinos.

Los servicios de información o culturales tuvieron los valores más altos –compuestos por la parte escénica y la de recreación–, se concentraron en las playas y donde hay cacería de aves. En el caso de las lagunas costeras, el valor se incrementó en donde la vegetación nativa asociada a ellas es abundante. Es interesante observar que la agricultura de riego no es la que otorga el mayor valor en el área, sino la ganadería estabulada. Por otro lado, los servicios relacionados con la diversión, como el disfrute de paisaje y ecosistemas para el turismo, son altamente valorados por la población local, ya que es la que hace uso de los sitios de disfrute. También es posible ver que los altos va-

lores asociados a la sequía y las inundaciones representan la pérdida asociada a los cambios realizados en el paisaje en intercambio por los servicios ambientales relacionados con la provisión de alimentos.

Contar con los valores unitarios obtenidos permite tener información de cualquier sitio específico, y con ello elementos para una toma de decisiones basada en el conocimiento del área.

Conviene advertir que la obtención de un valor económico en el mercado de los servicios ambientales no es el objetivo en sí mismo, sino, como lo apuntan Kumar et al. (2013), promover un cambio de comportamiento que lleve a un mejor uso de los recursos y la implementación de políticas que permitan la regeneración de las capacidades de los servicios ambientales.

Discusión

Esta investigación parte del reconocimiento de que, si bien el análisis espacial se ha utilizado desde hace varias décadas, son escasos los estudios de valoración ambiental que se apoyan en él para asignar valores a escala regional. El trabajo considera factores biofísicos y precios de mercado mediante el análisis espacial, lo que hace posible atenuar algunas de las debilidades de la herramienta (Haro y Taddei 2010); por un lado, el empleo de elementos biofísicos, que ligan los valores al territorio, da la posibilidad de reducir la unidad mínima de estudio, lo que evita contar con valores homogéneos en áreas muy grandes. Además, la valoración de varios servicios y utilizar precios de mercado permite reducir los cuestionamientos acerca de la credibilidad del método.

El trabajo muestra cómo la metodología para valoración usada en este caso no se limita a obtener un valor único asignado a un servicio, sino que genera otros por unidad de área, lo que permite contar con información para cada uno de los sitios de la región.

Al considerar el enfoque espacial, la valoración se convierte en una herramienta sistémica para tratar problemas complejos como los ambientales a escala regional, debido a que las de orden local o global, que generalmente se realizan, no se pueden trasferir a una escala

intermedia pues, de hacerlo, se tiende a generar errores que se verán reflejados en la toma de decisiones.

Por otro lado, el número de servicios valorados permite hacer una aproximación confiable; esto es posible debido a que la información para la estimación del valor por lo general es pública, ya que se basa en precios de mercado, y una buena parte de la gubernamental también está a escala regional, debido a la trascendencia de las decisiones en ese ámbito; de ahí que el esfuerzo de la asignación del valor se centra en su distribución geográfica, cuyo grado de dificultad es mínimo mientras se cuente con los conocimientos técnicos. Esta información constituye una plataforma confiable para la toma de decisiones, que podría servir como modelo para aplicarla en otras regiones, y permitiría hacer comparaciones entre ellas.

Sin embargo, más allá de las bondades de esta estructura, es importante considerar que, si bien la integración de los factores biofísicos proporciona amplias ventajas, también puede ser una limitante, ya que su actualización es costosa u obedece a los tiempos de las dependencias gubernamentales que los generan, lo que impediría actualizar los valores con frecuencia. Aunque cuando esta estructura ha probado ser útil en esta región y se infiere la posibilidad de su uso en otras similares, es necesario continuar con su validación en otras cuencas.

Conclusiones

Es evidente que la cuenca baja del río Mayo es eminentemente productiva en el aspecto económico y, pese a que se ha modificado una parte de sus condiciones naturales, todavía hay actividades productivas que, gracias a algunas funciones de la naturaleza, continúan ofreciendo servicios ambientales que benefician a la sociedad. Sin embargo, los que son capaces de regular los procesos ecológicos esenciales y sistemas que soportan son muy débiles, debido a que dichas actividades económicas han implicado la remoción de la cobertura vegetal, lo que ha disminuido la capacidad de la naturaleza para llevar a cabo algunos otros procesos naturales como el mante-

nimiento de la biodiversidad, la retención y formación de suelos y el cumplimiento del ciclo hidrológico.

La información obtenida a partir de la valoración es básica, ya que integra una serie de factores que contribuyen a efectuar una toma de decisiones mejor fundamentada para la planeación y gestión de la región, en consistencia con los principios de la sustentabilidad. La valoración puede propiciar una intervención adecuada para mejorar las condiciones actuales, y asegurar que el desarrollo futuro se determine sobre bases sustentables que consideren la optimización de los recursos naturales, para así asegurar la permanencia de los beneficios que estas áreas proporcionan.

La cuenca baja del río Mayo requiere una mejora en la administración de los sistemas naturales, sustentada en la toma de decisiones adecuada. La valoración brinda elementos de soporte para que la gestión y planeación de los recursos permitan el aprovechamiento sustentable, el mantenimiento, la conservación y la restauración del área, y con ello asegurar su sustentabilidad.

Recibido en mayo de 2014
Aceptado en octubre de 2014

Bibliografía

- Atkinson, Christopher. 2014. The 2011 flood in Minot (North Dakota, USA) and the role of faith-based and nonprofit groups in hazard event response and recovery. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 8 (0): 166-176.
- Azqueta, Diego. 2002. Introducción a la economía ambiental. Madrid: McGrawHill.
- Berkel, Derek van y Peter Verburg. 2012. Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecological Indicators* 37(0): 163-174.
- CONAGUA. 2013. Organismo de Cuenca Noroeste. Acciones inmediatas para la prevención de contingencias por inundación y sequía.

- Diagnóstico de vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos. Sonora.
- _____. 2010. Saneamiento de la cuenca baja del río Mayo. Hermosillo, Dirección de Programación del Organismo de Cuenca Noroeste.
- _____. 2008. Organismo de Cuenca Noroeste. Situación provocada por el ciclón tropical Lowell en la cuenca del río Mayo. Ciudad Obregón: CONAGUA.
- Costanza, Robert, Ralph D'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Daily, Gretchen, Susan Alexander, Paul Ehrlich, Larry Goulder, Jane Lubchenco, Pamela Matson, Harold Mooney, Sandra Postel, Stephen Schneider, David Tilman y George Woodwell. 1997. Servicios de los ecosistemas: beneficios que la sociedad recibe de los ecosistemas naturales. *Tópicos en Ecología* 2: 16.
- Deasy, Clare, Andrew Titman y John Quinton. 2014. Measurement of flood peak effects as a result of soil and land management, with focus on experimental issues and scale. *Journal of Environmental Management* 132 (0): 304-312.
- Descroix, Luc, Pierre Genthon, Okechukwu Amogu, Jean Louis Raïjot, Daniel Sighomnou, y Michel Vauclin. 2012. Change in Sahelian rivers hydrograph: the case of recent red floods of the Niger river in the Niamey region. *Global and Planetary Change* 98-99 (0): 18-30.
- Flores Verdugo, Francisco. 2008. Importancia ecológica y económica de los ecosistemas de manglar y otros humedales costeros. Mazatlán: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gobierno del Estado de Sonora. 2008. Secretaría de Turismo. Estadísticas de turismo en el sur de Sonora.

Haro, Alma y Cristina Taddei. 2010. Valoración ambiental, aportaciones, alcances y limitaciones. *Problemas del Desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía* 41 (160): 209-221.

Howarth, Richard y Stephen Faber. 2002. Accounting for the value of ecosystem services. *Ecological Economics* 41: 421-429.

Kumar, Pushpam, Eduardo Brondizio, Franz Gatzweiler, John Gowdy, Rudolf de Groot, Unai Pascual, Belinda Reyers y Pavan Sukhdev. 2013. The economics of ecosystem services: from local analysis to national policies. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5 (1): 78-86.

Laurans, Yann, Aleksandar Rankovic, Raphael Billé, Romain Pirard y Laurent Mermet. 2013. Use of ecosystem services economic valuation for decision making: questioning a literature blindspot. *Journal of Environmental Management* 119 (0): 208-219.

Liu, Shuang, Rosimeiry Portela, Nalini Rao, Andrea Ghermandi y Xuanwen Wang. 2011. Environmental benefit transfers of ecosystem service valuation. En *Treatise on estuarine and coastal science*, editado por Eric Wolanski y Donald McLusky, 55-77. Waltham: Academic Press.

MEA. 2005. Ecosystems and human well being: synthesis. A report of the MEA. Washington: World Resources Institute.

Okada, Tetsuya, Katharine Haynes, Deanne Bird, Robin van den Hontert y David King. 2014. Recovery and resettlement following the 2011 flash flooding in the Lockyer Valley. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 8: 20-31.

Pagiola, Stefano, Konrad von Ritter y Joshua Bishop. 2004. How much is an ecosystem worth? Assessing the economic value of conservation. Washington:

- The World Bank, The Nature Conservancy, The World Conservation Union.
- SAGARHPA. 2008. Secretaría de Ganadería. Dirección Forestal y Fauna de Interés Cinegético. Registro y aprovechamiento por especie silvestre.
- SAGARPA. 2012. Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2011. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- _____. 2008. Producción Agropecuaria y Pesquera. 2007. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- SEMARNAT. 2008. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/inicio.aspx>
- Serna Chávez, Héctor, Catharina Schulp, Peter van Bodegom, Willem Bouteren, Peter Verburg y Marc Davidson. 2014. A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. *Eco-logical Indicators* 39 (0): 24-33.
- Schagner, Jan, Luke Brander, Joachim Maes y Volkmar Hartje. 2013. Mapping ecosystem services' values: current practice and future prospects. *Ecosystem Services* 4 (0): 33-46.
- Tezuka, Satoru, Hiroaki Takiguchi, Shigeo Kazama, Akihiro Sato, Seiki Kawagoe y Ranjan Sarukkalige. 2014. Estimation of the effects of climate change on flood-triggered economic losses in Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction* (1): 1619-1649.
- Velasco, Israel. 2008. Las sequías en México. [http://www.imta.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=177:las-sequias-en-mexico&catid=52:enciclopedia-del-agua&Item id=80](http://www.imta.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=177:las-sequias-en-mexico&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=80) (15 de octubre de 2011).
- Wallace, Ken J. 2007. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation* 139 (3-4): 235-246.