



Capítulo 2

Reconsideración de las cuencas hidrográficas

¿Son las cuencas hidrográficas unidades adecuadas de ordenación? Es necesario reconsiderar la escala de intervención, los nexos entre río arriba y río abajo, los procesos temporales y espaciales, los nexos biofísicos y socioeconómicos, así como cuestiones políticas.

Conferencia interregional, grupo 3

El nuevo concepto de cuenca hidrográfica se basa en la experiencia de investigaciones y proyectos de hidrología y ecología, ecología humana y economía ambiental. Este capítulo resume una serie de cuestiones pertinentes para la próxima generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas.

NUEVAS PERSPECTIVAS EN HIDROLOGÍA Y BIOECOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El uso de la tierra repercute en el régimen hídrico y en la calidad del agua río abajo. La importancia de este efecto varía de acuerdo con el tipo de uso de la tierra, la dimensión de la cuenca, el clima, las características del suelo, la topografía, la geología, etc. (Bosch y Hewlett, 1982; Bruijnzeel, 1990; Calder, 1999). En el pasado ni el público ni los responsables de tomar las decisiones comprendían cabalmente la importancia relativa de estos factores y la necesidad de contemplar las características específicas de cada situación. Esto ha creado ideas falsas, en particular sobre las causas principales de las inundaciones y la sequía. Los medios de comunicación, las ONG, los funcionarios del gobierno y algunos científicos a menudo han convencido al público de que la deforestación es la principal causa de los cambios que experimentan los regímenes hídricos, porque hace aumentar las inundaciones y reducir el caudal de los ríos durante la estación seca. Muchas organizaciones han financiado programas de conservación y reforestación (Kaimowitz, 2004).

El bosque, las lluvias y el agua

La investigación de cómo repercute la cubierta forestal en las lluvias sigue sin producir resultados definitivos (Kaimowitz, 2004). La tasa más elevada de evaporación y la mayor rugosidad aerodinámica de los bosques en comparación con las tierras agrícolas y los pastizales incrementan y concentran la humedad atmosférica, pero el volumen mayor de precipitación pluvial en las zonas forestales no puede atribuirse a los bosques mismos. Podrían ser una excepción los bosques de niebla, donde el depósito de agua de las nubes puede superar las pérdidas por intercepción (Calder, 2003). Los efectos de las montañas y los árboles en la intercepción de la lluvia pueden explicar las diferencias observadas. El debate se complica por la gran variabilidad de las precipitaciones en el espacio y el tiempo. El efecto de la cubierta forestal en la precipitación pluvial probablemente sólo sería marginal en comparación con otros factores. Si bien no se puede descartar por completo la posibilidad de que el cambio en el uso de las tierras modifique las pautas pluviales, los factores naturales (y posiblemente el cambio climático) repercuten mucho más en las lluvias que cualquier cambio en el uso de la tierra (recuadro 5).

En todo el mundo, numerosos estudios sobre cuencas hidrográficas indican que el rendimiento hidrológico aumenta cuando se extrae leña y madera de los bosques

RECUADRO 5

¿Reducen el escurrimiento y regulan de veras los bosques los cursos de la estación seca?

Algunos estudios indican que en condiciones de humedad, las pérdidas por intercepción son mayores en los bosques que donde hay cultivos más bajos, sobre todo porque el transporte atmosférico de vapor de agua aumenta debido a la superficie aerodinámicamente rugosa de los bosques. En condiciones de sequía, es probable que la transpiración de los bosques sea mayor debido a que las raíces de los árboles son más profundas por lo general que las de los cultivos más bajos, lo que da a los árboles mayor acceso al agua del suelo. En consecuencia, contrariamente a los mitos que muchos aceptan, el escurrimiento de las zonas forestales será menor.

Las pocas excepciones son los bosques de niebla –donde la descarga de agua de las nubes puede ser mayor que las pérdidas por intercepción– y los bosques muy antiguos. La reducción del escurrimiento después de un incendio forestal en un bosque de fresnos de montaña (*Eucalyptus regnans*) de 200 años de antigüedad, situado en una cuenca que dota de agua a Melbourne (Australia) se atribuye al aumento de la evaporación producida por el rebrote del bosque, que tiene un índice mucho más elevado de follaje que el antiguo bosque.

Se pueden extraer conclusiones generales sobre las repercusiones de los bosques en el caudal anual, pero no en los regímenes de los caudales temporales. Intervienen procesos específicos de cada sitio que a veces se contraponen, y la dirección y magnitud de cada efecto puede ser difícil de prever para un determinado lugar. Sin embargo, cabe prever que: 1) el aumento de la transpiración reduzca la humedad del suelo y los caudales de la estación seca; y 2) el aumento de la infiltración bajo el bosque natural aumente la reposición del agua del suelo y los caudales de la estación seca.

Las actividades de drenaje asociadas a la silvicultura de poblaciones forestales artificiales en las tierras altas del Reino Unido aumentaron los caudales de la estación seca mediante el desagüe inicial y haciendo cambios hidráulicos de plazo más largo en el sistema de drenaje. La forestación con pinos en anteriores praderas en Sudáfrica redujo el caudal anual y temporal de los ríos. Se observaron resultados parecidos en las plantaciones de eucaliptos en la región de Nilgiris en el sur de la India. Bruijnzeel (1990) concluye que las propiedades de infiltración de los bosques tropicales son decisivas en la distribución del agua disponible entre el escurrimiento y la recarga, lo que hace aumentar los caudales de la estación seca.

Fuente: Calder, 2005.

(Brooks, 2002). Investigaciones realizadas en el Reino Unido, y en otras partes, revelan que el rendimiento hidrológico de las zonas forestales de captación suele ser inferior que el de las praderas o los páramos debido a que en éstos hay mayor pérdida por intercepción (McKay y Nisbet, 2002). Esta investigación indica que “puede haber una reducción del 1,5% al 2,0% del rendimiento hidrológico potencial por cada 10% de una zona de captación de bosques perennes maduros”. La evaporación en los bosques de especies caducifolias por lo general es menor porque hay menos intercepción en el período en que los árboles no tienen follaje.

Los bosques usan más agua, a través de la intercepción y de complejos procesos de evapotranspiración, que otros usos de la tierra, como los pastizales o la agricultura. Por lo tanto, los bosques reducen el total de los escurrimientos: “casi todos los bosques

Los bosques usan más agua que otras formas de utilización de la tierra

evaporan considerablemente más agua que la vegetación más baja y reducen el agua para restablecer los acuíferos o cargar los ríos” (Calder, 2003). El frecuente punto de vista de que “más árboles es igual a más agua de la cuenca” es una idea falsa presente en muchos países. La aclaración de esta cuestión es muy importante, en especial donde hay mercados para los servicios ambientales.

Los regímenes hídricos

En algunos casos, los cambios que se producen en el uso de las tierras repercuten en el régimen hídrico de la cuenca fluvial. Por ejemplo, el desmonte repercute directamente en la tasa de filtración y recarga de los acuíferos. Sin embargo, en muchos casos la relación entre uso de la tierra y régimen hídrico no es tan clara. Por ejemplo, el efecto de la protección de los humedales en los regímenes de los caudales sigue siendo objeto de debate. Algunos estudios indican que la protección de los humedales incrementa los caudales máximos y reduce los de base, mientras que otros estudios indican una mayor capacidad de almacenamiento de agua, lo que produce un caudal máximo reducido (Bullock, 1992).

La investigación muestra que el uso de la tierra repercute en la filtración de agua en el suelo y que todo cambio del uso de la tierra que compacta el suelo o disminuye su porosidad hace aumentar el escurrimiento y el caudal máximo durante las lluvias, y es posible que también incremente las inundaciones (Kaimowitz, 2004). Sin embargo, estos resultados sólo se aplican a superficies reducidas. En superficies más vastas, el alcance, la intensidad y la distribución de las tormentas pueden producir efectos mucho más grandes en los escurrimientos que las modificaciones del uso de las tierras.

Ampliar o mantener la duración de los caudales de base de la estación seca es importante para la irrigación, la fauna y la flora silvestre, el buen estado de las zonas ribereñas y otras funciones ecológicas (Fleming, 2003). Estudios del Reino Unido indican que las grandes zonas forestales de especies perennes pueden producir una disminución considerable de los caudales de base del verano en las zonas bajas (McKay y Nisbet, 2002). La estructura del bosque puede contribuir a reducir las repercusiones del uso del agua que hacen los árboles, y la misma investigación revela que el rendimiento hidrológico de los bosques jóvenes, las zonas desmontadas y los bosques de especies caducifolias pueden producir efectos parecidos a los de las praderas. Esto indica que ecosistemas más diversos deberían contribuir a equilibrar los efectos de la silvicultura en la escala más grande de la cuenca hidrográfica.

Hofer y Messerli (2006) no encontraron correlación estadística entre las actividades humanas que se llevan a cabo en los Himalaya (por ejemplo la deforestación) y las grandes inundaciones verificadas en las tierras bajas (por ejemplo en Bangladesh). Los autores concluyeron que no se deberían atribuir a la deforestación en zonas montañosas las inundaciones catastróficas en zonas alejadas de río abajo. Los numerosos beneficios de la conservación de las cuencas hidrográficas de río arriba se deberían contemplar en la escala de las comunidades de las montañas y sus entornos (recuadro 6).

Sedimentación y erosión

La sedimentación puede repercutir negativamente en los depósitos de agua, los cursos de agua, los sistemas de irrigación y las zonas costeras, con efectos nocivos para la biología acuática, la producción de peces y la biodiversidad. Las relaciones entre la tasa de erosión y la cantidad de sedimentos que transportan los ríos es compleja y depende de la escala geográfica en cuestión. La erosión y la sedimentación varían mucho de acuerdo con las condiciones geológicas, climáticas y de otros tipos. Está demostrado que las prácticas agrícolas y de uso de las tierras pueden producir considerables efectos en la tasa de erosión. Los cambios producidos en la cubierta vegetal de bosque a uso agrícola, por ejemplo, incrementan la erosión del suelo, mientras que las buenas prácticas agrícolas la reducen.

RECUADRO 6

Bosques e inundaciones en las cuencas hidrográficas de los Himalaya

Todos los años, en la temporada de los monzones, la atención mundial se dirige a la región de los Himalaya debido a las catastróficas inundaciones que se verifican en los llanos del Ganges y el Brahmaputra. Suele creerse que la tala acelerada de los bosques en los Himalaya es la causa de estas inundaciones, a través de la siguiente cadena de mecanismos: crecimiento demográfico en las montañas → mayor demanda de leña, forrajes y madera → mayor desmonte en zonas cada vez marginales → erosión intensificada y caudales máximos más altos en los ríos → grandes inundaciones y sedimentación en las llanuras densamente pobladas y cultivadas.

A pesar de que en los últimos decenios los Himalaya y las zonas circundantes han sufrido cambios dinámicos en el uso de la tierra debido al acelerado crecimiento demográfico, la comunidad científica considera cada vez más demasiado simplista y erróneo el razonamiento expuesto en el párrafo anterior. La información recopilada en más de 20 años de investigación en la región de los Himalaya indica que las repercusiones de la deforestación de las montañas en los sistemas hídricos dependen más de la escala.

Los cambios ecológicos inducidos por el hombre en los Himalaya se dan a pequeña escala, donde la deforestación en una cuenca hidrográfica local elevada puede dar lugar a un mayor escurrimiento y acelerar la erosión del suelo en esa cuenca. Sin embargo, en la escala mayor del sistema Ganges-Brahmaputra-Meghna, no hay correlación significativa entre las actividades humanas que se llevan a cabo en las montañas (eliminación del bosque) y las catástrofes que suceden en los llanos (inundaciones). La influencia humana se empequeñece ante la proporción descomunal de los procesos naturales. Tampoco hay confirmación estadística de que las inundaciones en Bangladesh hayan aumentado en los últimos 120 años, si bien la deforestación ha aumentado en forma constante. La lluvia y el escurrimiento en los Himalaya no parecen contribuir significativamente a las inundaciones que se producen en el lejano Bangladesh, ya que el caudal de éstas y el caudal máximo de los tributarios himalayos se equilibran en el caudal de base de los ríos más grandes en su descenso.

No debería atribuirse, por lo tanto, a los pobladores de las montañas ni a sus prácticas de utilización del suelo las inundaciones que se producen en los llanos lejanos de río abajo, si bien la población de las montañas tiene la responsabilidad de usar sus recursos en forma sostenible. Los bosques de las montañas son decisivos para la ecología de la totalidad de los Himalaya, y para las personas que dependen de la misma. Los programas de forestación se deben contemplar en este contexto y no como un medio para evitar la inundación de las tierras bajas.

Fuente: Hofer, 2005.

El efecto de las prácticas de uso de la tierra en el volumen general de sedimentos en las grandes cuencas fluviales es muy difícil de evaluar. La mayor parte de la carga sólida de un río se origina en lugares específicos de la cuenca hidrográfica, y llega al río durante las tormentas y otros fenómenos meteorológicos extremos. El desplazamiento de los sedimentos a la cuenca fluvial es relativamente lento. Durante la vida útil de un embalse, una cantidad muy reducida de sedimentos de la cuenca alta recorre más de 100 a 200 kilómetros. De esta manera, todo efecto de las prácticas de uso de la tierra en la tasa de sedimentación de un río grande se percibirá sólo después de varios decenios, cuando resulta muy difícil distinguir entre la sedimentación natural y la de origen humano.

CUADRO 1
Efectos potenciales del uso de la tierra en algunos aspectos del régimen fluvial

Efecto observable del uso de la tierra en:	Tamaño de la cuenca hidrográfica		
	Pequeña (0,1-10 km ²)	Mediana (10-100 km ²)	Grande (por lo menos 100 km ²)
Caudal medio	X	-	-
Caudal máximo	X	-	-
Caudal de base	X	-	-
Recarga de los mantos acuíferos	X	-	-
Carga sólida	X	-	-
Patógenos	X	-	-
Nutrientes	X	X	X
Salinidad	X	X	X
Plaguicidas	X	X	X

Fuente: Kiersch, 2000.

Importancia de la escala

La escala es uno de los parámetros más importantes en la evaluación de las repercusiones del uso de la tierra en el agua. El cuadro 1, basado en numerosos estudios de casos, clasifica el efecto potencial del uso de la tierra en diversos aspectos del régimen hídrico y la calidad del agua, como función de la escala de la cuenca. Es probable que el uso de la tierra produzca repercusiones significativas en el régimen hídrico y la disponibilidad de agua sólo en las cuencas muy pequeñas. Conforme éstas son más grandes, los efectos del uso de la tierra en el régimen hídrico se vuelven insignificantes en comparación con los producidos por los factores naturales, como las repercusiones de los acontecimientos pluviales extremos. Sin embargo, también en las cuencas muy grandes el uso de la tierra repercute en la calidad del agua. Por ejemplo, en las grandes cuencas fluviales pueden observarse los efectos acumulados de la contaminación.

Las repercusiones del uso de la tierra en el régimen fluvial son una cuestión de escala

Contaminación de fuente no localizada y deterioro de la calidad del agua

En regiones de agricultura intensiva, la aplicación incorrecta de fertilizantes y plaguicidas puede hacer que las sustancias químicas escurran desde los campos de cultivo hacia los ríos y los acuíferos, donde se concentran y contaminan el agua de los usuarios de río abajo. Hoy también se sabe que los corrales de engorde son una importante causa de contaminación.

La contaminación de fuentes no localizadas es relativamente fácil de determinarse porque causa cambios radicales en la composición química del agua. Con todo, es muy difícil cuantificarla, sobre todo por los complejos procesos de degradación de algunas sustancias químicas, en particular los plaguicidas y los oligoelementos residuos. La contaminación por fuentes no localizadas en los recursos hídricos se da en los países industrializados, pero está aumentando en diversas regiones en desarrollo donde se practica la agricultura intensiva.

Evaluar y cuantificar las repercusiones del uso de la tierra en la calidad del agua de un río exige un análisis completo de la situación y entender mejor los procesos físicos en cuestión. Para responder a problemas de la cuenca es necesario estudiar la escala de la misma, distinguir entre los riesgos naturales y los riesgos inducidos por el hombre, entender los procesos químicos y distinguir entre la contaminación de fuentes localizadas y no localizadas.

Así como la cantidad, la calidad del agua también es muy importante

Eutroficación

La eutroficación es un proceso a través del cual cantidades nocivas de nutrientes se acumulan en los cursos de agua (Fleming, Hufschmidt y Hyman, 1982). Esos nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, proceden de los fertilizantes agrícolas,

las aguas residuales del municipio, el pastoreo en zonas ribereñas y los sedimentos de las cuencas erosionadas. Si bien los nutrientes de origen natural son necesarios para la productividad del ecosistema, un exceso de nutrientes procedentes de las actividades humanas puede saturar los ríos y los lagos, hacer proliferar las algas y deteriorar la calidad del agua. Una gran concentración de algas consume el oxígeno disuelto en el agua durante su descomposición y crea condiciones de anoxia que son tóxicas para la vida acuática. Los peces no pueden vivir en agua donde no hay oxígeno o éste es insuficiente, y muchos lagos, presas, ríos y estuarios han perdido valiosos recursos acuáticos debido a la eutroficación. La proliferación excesiva de algas hace que el agua no sea apta para el consumo humano ni animal. Una proliferación excesiva de algas ha causado graves problemas en los siguientes lagos y estuarios: Zurich de Suiza, Erie de los Estados Unidos de América, Phewa de Nepal, en el delta del Nilo en Egipto, delta del Negril en Jamaica, lago Skaha en Canadá, presa de Poza Honda en Ecuador (recuadro 7), mar de Galilea en Israel y lago de Garda en Italia.

Los nutrientes que producen la eutroficación se originan en diversos lugares de la cuenca hidrográfica. En consecuencia, los proyectos para reducir el desplazamiento de nutrientes de la tierra deberían abarcar toda la cuenca (Fleming, Hufschmidt y Hyman, 1982). El suelo es donde hay más nutrientes y, por lo tanto, para reducir la eutroficación una de las mejores medidas es combatir la erosión. Si bien en las cuencas pequeñas la conservación de las tierras altas (para reducir la erosión) puede producir repercusiones inmediatas y considerables río abajo (disminuir la sedimentación y la eutroficación en las presas y los lagos), en las grandes cuencas la relación entre la conservación río arriba y las repercusiones río abajo es más difícil de cuantificar.

RECUADRO 7

La eutroficación en Ecuador

Poza Honda, la principal presa de Ecuador, se construyó en 1970 en una pequeña cuenca costera de la provincia de Manabí, con el fin de suministrar agua para uso doméstico e irrigación. Cinco años después, estaba llena al 25% de sedimentos. La deforestación de las empinadas laderas, un pastoreo ilimitado y prácticas agrícolas que causan erosión han producido una saturación excesiva de nutrientes. Este proceso causó una grave eutroficación y condiciones de anoxia en toda la presa, la cual se cubrió de una capa azul verdosa de algas, de 20 centímetros de espesor. Los filtros para tratar el agua necesitaban recibir mantenimiento todos los días y plantas de largas raíces obstruían los canales de irrigación.

Se puso en marcha un plan de restablecimiento de la cuenca, de dos millones de dólares EE. UU., para proteger las orillas de la presa y conservar las cuencas secundarias. Este plan incluyó la gestión de los pastizales para regular el pastoreo en las empinadas laderas. Después de 13 años, el índice de sedimentación anual ha disminuido de 4% a 2,5% del volumen de la presa. El 80% de las orillas de la presa están protegidas del pastoreo con una barrera vegetal. La llegada de nutrientes se redujo considerablemente y se controló la proliferación de algas, con lo cual la pesca se convirtió en una actividad productiva para la población de la cuenca. Al tener suficiente oxígeno disuelto para sustentar un ecosistema acuático, mejoró también la calidad del agua suministrada para uso doméstico y agrícola.

Fuente: Fleming, 1995.

Repercusiones del cambio climático y las actividades humanas

Cada vez hay más datos que indican que el clima mundial está experimentando un pronunciado cambio, con un aumento de 0,6 °C de la temperatura media de la superficie del planeta desde fines del siglo XIX (IPCC, 2001). Se atribuye una considerable parte del calentamiento ocurrido en los últimos 50 años a los gases que producen el efecto invernadero, generados por las actividades humanas. También se han detectado cambios en el ciclo hidrológico, en particular en las zonas montañosas. En las montañas de las regiones templadas se producen fenómenos pluviales intensos cada vez con mayor frecuencia, mientras que en las regiones montañosas de las regiones tropicales las lluvias han disminuido y se han vuelto erráticas, sobre todo donde se perciben los efectos de El Niño. Dado que casi toda el agua dulce utilizada por los seres humanos procede de la lluvia en las cuencas altas, las repercusiones del cambio climático mundial se han convertido en un tema muy importante en la investigación sobre las montañas. Según Uhlenbrook, Wenninger y Lorentz (2005), estas repercusiones dependen de los cambios que se producen en la precipitación pluvial y en las prácticas de uso de la tierra. Por ejemplo, un leve incremento del volumen de la lluvia puede producir efectos mucho más grandes de escurrimiento y evacuación de crecidas, cuando se aplican prácticas inadecuadas de gestión de la cuenca hidrográfica.

Los cambios en el uso de las tierras están modificando las pautas del paisaje, el funcionamiento del ecosistema y la dinámica del clima de las cuencas; repercuten en la biodiversidad y en la hidrología, así como en el transporte del calor latente, el bióxido de carbono, los nutrientes y los contaminantes. Si bien la naturaleza es, con mucho, la causa principal del cambio climático, la intervención humana ha adquirido considerable importancia ambiental con enormes consecuencias en los sistemas de las cuencas hidrográficas. Los seres humanos no sólo están sujetos al cambio climático sino que constituyen además una de las principales causas del mismo (Huber, Bugmann y Reasoner, 2005).

LA ECOLOGÍA HUMANA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La mayoría de las personas vive en cuencas hidrográficas y ha ido transformando sus ecosistemas a las necesidades de la población en el curso de la historia. Con excepción de algunas zonas marginales y estrictamente protegidas, la ecología de casi todas las cuencas está determinada en gran medida por la presencia humana (recuadro 8). La relación entre la población humana y las cuencas por lo general ha sido de adaptación, homeóstasis y capacidad de recuperación. Se han documentado muy pocos casos de colapso de cuencas por intervención humana en los 5 000 años de historia del manejo de cuencas.

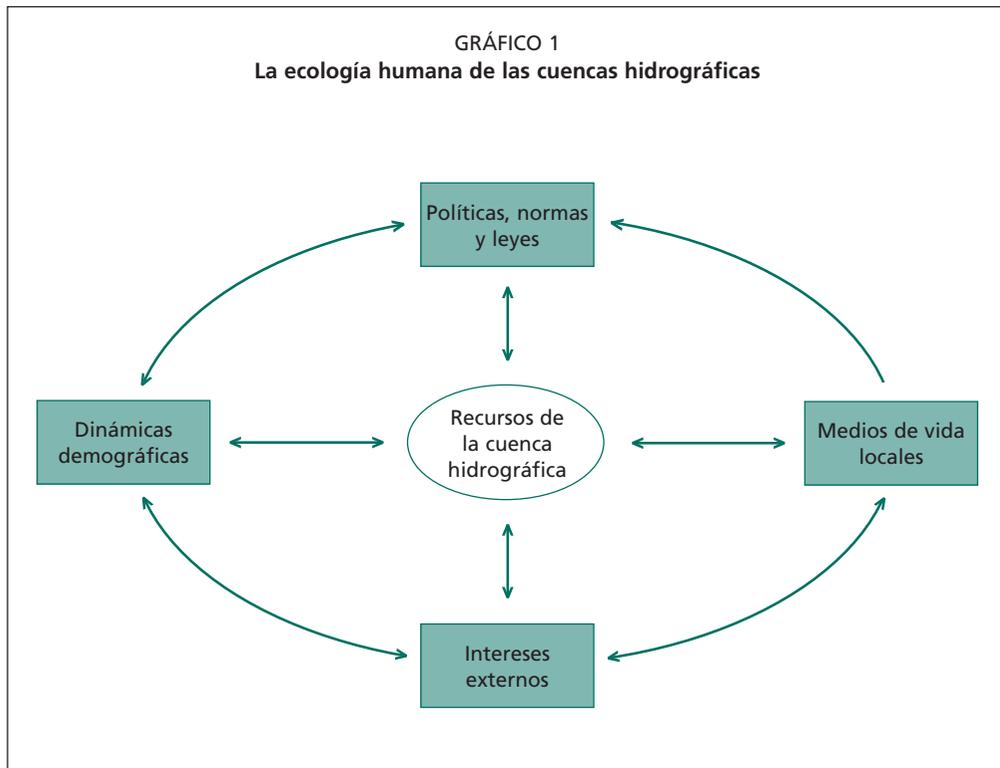
Los factores de la ecología humana de las cuencas pueden organizarse en cuatro categorías principales: dinámica de la población local, sistemas locales de vida, intereses externos, y políticas, normas y leyes (gráfico 1). La interacción entre estos factores determina en gran medida las condiciones ambientales de una cuenca hidrográfica en un determinado momento.

Las cuencas hidrográficas y las dinámicas demográficas

Las dinámicas demográficas son los cambios que se producen en el número y la composición socioeconómica de las personas que viven en una zona determinada. Comprenden los cambios que se verifican en el equilibrio entre los nacimientos y las muertes (“crecimiento natural”), así como las migraciones hacia el exterior y el interior de la zona.

El crecimiento natural depende del promedio de gestaciones con buen fin en la vida reproductiva de una mujer, así como de la mortandad (en particular la de neonatos, niños pequeños y madres) y la esperanza de vida. Repercuten en él factores genéticos, el entorno natural y una serie de factores económicos, sociales y culturales como los

Casi todas las cuencas hidrográficas son entornos creados por el hombre

**RECUADRO 8****Entornos modificados por la naturaleza y el hombre**

Desde el decenio de 1970 los especialistas en ecología humana estudian la forma en que la población humana modifica, da forma y a veces enriquece el medio ambiente. En 1982 Roy Bennett resumió los resultados de esta investigación con las siguientes palabras:

Es evidente que las actividades humanas pueden modificar el entorno natural. Estudios geográficos y ecológicos han demostrado en detalle los mecanismos a través de los cuales esto ha sucedido, y el alcance que ha tenido. Aquí, el término "natural" se utiliza para designar algo que no ha sido modificado por el *Homo sapiens*, si bien, desde luego, esto no significa que el medio ambiente no esté siendo modificado constantemente por otros organismos. En efecto, la "naturaleza pura" no existe, y desde un punto de vista antropológico el medio ambiente debe incluir a las personas y los resultados de sus actividades. Las "regiones naturales" clasificadas por los biogeógrafos comúnmente corresponden a regiones transformadas por la manipulación humana, y sólo son "naturales" en un sentido más bien general... De esta manera, no es posible representar el determinismo ambiental simplemente como medio ambiente → sociedad, sino que ha de representarse como medio ambiente ⇌ sociedad. Todos los factores ambientales pueden modificarse de esta forma. Las poblaciones de especies vegetales y animales se pueden transformar selectivamente, los suelos pueden enriquecerse artificialmente, el clima modificarse mediante la eliminación de tramos de vegetación, y topografías enteras pueden transformarse mediante la creación de terrazas.

Fuente: Bennett, 1982.

hábitos alimentarios y las prácticas anticonceptivas. Si bien un medio ambiente insalubre y un comportamiento desfavorable a la adaptación pueden desacelerar o frenar el crecimiento natural, la población humana tiende a aumentar exponencialmente. En los últimos 100 años, han fortalecido esta tendencia la difusión mundial de la sanidad, la atención médica y la escolarización modernas, así como el incremento de la esperanza de vida. Se trata de una “transición demográfica” aunada al desarrollo socioeconómico y el cambio cultural (recuadro 9).

A consecuencia del desarrollo y la modernización, la población humana tiende a crecer más allá de la capacidad de sustento de los sistemas ambientales locales y sus

RECUADRO 9

La frontera agrícola y la transición demográfica entre los shuar

Las cuencas altas de los ríos Morona y Santiago en el oriente de Ecuador son la tierra de los shuar, un grupo indígena que practicó hasta inicios del siglo XX un sistema de cacería y horticultura de la yuca. En ese entonces la densidad demográfica rondaba 1,2 habitantes por kilómetro cuadrado. En el decenio de 1960, el Gobierno de Ecuador comenzó a colonizar el territorio de los shuar y creó una institución especial para construir la infraestructura necesaria. Muchos shuar abandonaron el valle para alejarse de la presión de los colonos. Emigraron hacia las lomas, donde comenzaron a combinar la agricultura tradicional de corta y quema con la cría de ganado.

A mediados del decenio de 1960 los misioneros ayudaron a la Federación Shuar a defender los derechos de los indígenas sobre la tierra, garantizar su participación en los beneficios del desarrollo y conservar la cultura indígena. La federación promovió el registro de los asentamientos shuar como cooperativas jurídicamente reconocidas; la obtención de títulos de tenencia de las tierras agrícolas; el suministro de crédito y asistencia técnica para la cría de ganado; así como la educación bilingüe, una atención médica moderna y servicios de transporte.

En los siguientes 20 años la federación cumplió sus objetivos de desarrollo, pero a un elevado precio en cuanto a deforestación, extinción de la mayor parte de las especies de cacería y recolección, y degradación de las frágiles laderas. Esto se debió principalmente a que se acató la estructura jurídica vigente, que declaraba los territorios amazónicos propiedad del Estado para distribuir a personas o a grupos con reconocimiento jurídico de acuerdo con su “capacidad de explotación”. Esta política convirtió la deforestación para abrir pastizales en una forma barata de calificar para recibir grandes superficies agrarias, incluidas las que la federación obtuvo para numerosos asentamientos shuar. La cría de ganado dio al pueblo shuar ingresos para pagar los costos de las escuelas, servicios de salud y bienes comerciales.

Los servicios modernos de salud contribuyeron a reducir la mortandad de los niños menores de cinco años, de 267 por cada 1 000 en 1976 a 99 por cada 1 000 en 1992. La población creció alrededor del 4% al año; a principios de los años 1990, había 5,2 personas por kilómetro cuadrado de tierras asignadas, y se preveía que esta relación subiera a 10,6 personas para 2006. La Federación Shuar no estaba segura de que las tierras pudieran mantener a todas estas personas, así que convirtió la sostenibilidad ambiental en un objetivo importante; introdujo la agrosilvicultura y nuevas actividades para generar ingresos basadas en el conocimiento indígena, y diversificó la producción. Estas iniciativas pueden mejorar la ecología humana de las cuencas del Morona y del Santiago y evitar una catástrofe ambiental, pero no pueden restablecer las condiciones ecológicas y la estrategia de vida que prevalecía antes de la transición demográfica.

Fuente: Borrini-Feyerabend y Pimbert, 2005.

recursos. Las sociedades locales a menudo tratan de resolver esta situación a través de la emigración. Por ejemplo, en la segunda mitad del siglo XX una parte importante de la población de las tierras altas emigró hacia las tierras bajas o las ciudades en busca de mejores oportunidades. También se adoptaron tecnologías agrícolas más eficaces para alimentar a un mayor número de personas. Han aumentado la presión demográfica en los ecosistemas de río abajo y la demanda de recursos y servicios de los ecosistemas de río arriba, como el agua, la electricidad, la madera y los minerales. La emigración de las zonas altas a las zonas bajas con frecuencia deteriora ulteriormente el medio ambiente de las cuencas (recuadro 10). Asimismo, el desdoblamiento de las zonas montañosas y la urbanización también causan grandes tensiones sociopolíticas.

RECUADRO 10

La colonización de la Montaña peruana

Las estribaciones orientales de los Andes peruanos están cubiertas de bosques tropicales de niebla en un paisaje montañoso escarpado con profundos valles, tallados a lo largo de milenios por el paso de grandes ríos y sus tributarios camino a la cuenca del Amazonas. Estas cuencas hidrográficas abarcan una superficie total de 270 000 km², y hasta inicios del siglo XX estaban pobladas casi exclusivamente por algunos miles de indígenas.

La construcción de carreteras a través de las montañas fomentó la emigración de pequeños campesinos quechuas de las tierras altas y desempleados de las zonas urbanas hacia las montañas. Grandes empresas internacionales establecieron vastas haciendas cafetaleras, productoras de cacao y ganaderas, que ofrecieron empleo. La población aumentó de 240 000 habitantes en 1940 a 1,2 millones para 1981. Casi todo este aumento, que quintuplicó la población en 41 años, obedeció a la inmigración.

Uno de los factores de atracción de la gran corriente migratoria fue la política nacional encaminada a ampliar la frontera agrícola hacia las tierras altas amazónicas mediante la construcción de carreteras e infraestructura. Se facilitó la titulación de tierras, se ayudó a los agricultores y se proporcionó crédito a empresas pequeñas y medianas. Un efecto secundario fue la creación de un mercado de trabajo temporal que atrajo a miles de campesinos sin tierras de las tierras altas hacia las cuencas de la selva alta.

Entre los factores de expulsión están la distribución desigual de las tierras en los Andes y la poca productividad de la agricultura de altura; el aumento natural de la población andina, superior al crecimiento de las oportunidades locales de empleo; y una crisis macroeconómica nacional que aumentó el desempleo en las zonas urbanas del Perú.

Los gobiernos y los organismos internacionales apoyaron la colonización de las cuencas hidrográficas de la montaña porque funcionaba como válvula de seguridad para la estructura agraria andina. Sin embargo, esto produjo graves consecuencias ambientales y sociales.

La deforestación, la erosión del suelo, la contaminación de los ríos, los conflictos con los pueblos indígenas, el narcotráfico, la guerra civil y la pobreza se pueden atribuir a este intento de ofrecer tierras a los campesinos pobres mediante la ampliación de la frontera agrícola, sin resolver primero la desigualdad en el acceso a los recursos naturales y los sistemas de vida no sostenibles que predominan en los Andes.

Fuente: Barton *et al.*, 1997.

Sistemas de vida locales

Los sistemas de vida locales son el nexo más directo entre la población humana y el entorno natural de la cuenca hidrográfica. Comprenden los activos, las estrategias, las normas y las instituciones que permiten a las familias ganarse la vida y reproducirse en un entorno natural y político determinado. Constan de:

- acceso y uso de activos naturales como el suelo, el agua, los bosques, los minerales y la energía;
- normas y leyes que regulan y protegen esos activos y su uso;
- conocimientos especializados, tecnología e infraestructura que utilizan los recursos naturales sin explotarlos en exceso;
- instituciones sociales que median entre los intereses contrapuestos y promueven la cooperación respecto a los recursos del ecosistema de río arriba, como el agua, la energía, la madera y los minerales;
- valores y creencias que dan sentido a los elementos mencionados y apoyan el uso de los recursos naturales.

Si bien pueden clasificarse de acuerdo con criterios geoecológicos o históricos, los sistemas mismos tienden a ser muy localizados. Su alcance geográfico por lo general se limita a grupos sociales relativamente reducidos, situados en territorios delimitados, como una subcuenca hidrográfica o un piso ecológico determinado (montañas, colinas, tierras bajas, riberas fluviales, valles, pantanos o pequeños pueblos). El recuadro 11 presenta ejemplos de medios de vida locales en ecosistemas de cuenca.

Los medios de vida conectan a la población local con los recursos naturales de la cuenca hidrográfica

RECUADRO 11

Los medios de vida locales en ecosistemas de cuenca hidrográfica. Ejemplos de Nepal, la región africana de los lagos e Italia central

En las Colinas Centrales de Nepal la principal actividad económica es la agricultura, que se lleva a cabo en pequeñas terrazas. La estructura y la fertilidad del suelo se mantienen mediante la aplicación de abono compuesto, residuos de las cosechas y hojarasca recogida en los bosques de la comunidad o del Estado. El abono compuesto principal se aplica en estratos de estiércol. El ganado se mantiene en potreros o se lleva a pastar a las tierras en barbecho, los bosques comunitarios y los pastizales de las tierras altas. Las familias más ricas complementan la actividad agrícola con ingresos de empresas locales o de empleos. Las familias más pobres y sin tierras dependen del trabajo de jornalero o artesano y de la recolección de productos forestales no madereros (Ellis y Allison, 2004).

A orillas de los grandes lagos de África, en los humedales del Sudd y el delta del Níger y en los lagos continentales poco profundos, las familias practican la agricultura, la pesca y el pastoreo en tierras privadas y comunitarias. Los cultivos, incluido el arroz cultivado en zonas de humedales, se producen en tierras cuya propiedad está en régimen consuetudinario, incluidas las que se explotan durante la contracción estacional del nivel del agua del lago. Las zonas inundadas que las familias no utilizan individualmente para producir cultivos se destinan al pastoreo. La pesca está controlada por el Estado, pero en realidad se practica en régimen colectivo. Las familias más ricas tienen activos relacionados con la pesca, así como más tierras y ganado que otros grupos. Las familias de ingresos medios tienen tierras pero no pueden permitirse tener embarcaciones y equipo de pesca. Las familias de ingresos más bajos tienen acceso a la tierra para producir cultivos de subsistencia, pero tienen menos ganado y sólo pueden pescar como tripulación jornalera en los barcos de otras personas (Ellis y Allison, 2004).

continúa

Recuadro 11 (continuación)

En la región de la Umbria en Italia, los medios de vida tradicionales de los pequeños agricultores se basan en una combinación de cultivo de cereales, hortalizas y árboles, cría de animales y silvicultura. Los cereales, las leguminosas y los forrajes se siembran en rotación en pequeñas parcelas de los valles, con abundante agua durante todo el año. En las laderas, hasta a 700 metros sobre el nivel del mar, se cultivan olivos, nogales y viñedos. Los bosques de robles y castaños y las praderas de las tierras altas cubren más del 70% de esta accidentada zona de la cuenca, y proporcionan forrajes, leña, madera, castañas y otros frutos del bosque. Si bien todos los agricultores de esta zona tienen acceso a las subvenciones de la Política Agrícola Común de la Unión Europea, las familias por lo general no viven de la agricultura. Casi toda la población de la cuenca complementa sus ingresos agrícolas y forestales con trabajo asalariado, comercio y pequeñas empresas de agroturismo (Warren, 2004).

Los sistemas de vida locales son productos culturales. Se desarrollan lentamente a través de pruebas y errores. Las experiencias se transmiten de una a otra generación a través del comportamiento, la lengua, el arte, la ciencia y la religión. Sin embargo, los sistemas de vida locales no se deberían considerar exclusivamente tradicionales, porque son dinámicos, evolucionan y están abiertos a la innovación, se *adaptan* constantemente a los cambios ambientales, demográficos, económicos, sociales y culturales. Este proceso no carece de ineficacia, desperdicio y errores, que pueden producir tendencias negativas o crisis que conducen al colapso de la cuenca hidrográfica. El recuadro 12 ofrece un ejemplo de degradación ambiental claramente relacionado con la presión de la economía de mercado, el crecimiento demográfico y el cambio climático en los medios de vida locales.

Casi todos los sistemas de vida locales administran con relativa eficacia y sostenibilidad los recursos naturales: el pastoreo colectivo ha sustentado los medios de vida en inhóspitos entornos de alta montaña durante siglos, y sistemas de uso colectivo del agua han sustentado la producción agrícola en las áridas tierras bajas del Cercano Oriente. En la región del Amazonas, la pequeña agricultura itinerante contribuye a la biodiversidad forestal mediante la difusión del bosque secundario, que proporciona alimento a diversas especies de mamíferos y aves, y aumenta el paso de la luz solar a las zonas circundantes de densos bosques higrofiticos. El recuadro 13 presenta otro ejemplo de la sabana del occidente de África.

Medios de vida locales e intereses externos en la ecología de las cuencas hidrográficas

Los estudios de casos presentados en los recuadros 9 a 13 destacan que los sistemas de vida locales se entienden al contemplarlos como parte de los sistemas económico, social y político más amplios. El Estado nación y las dependencias del gobierno descentralizado (departamentos, distritos, municipios, etc.) son los participantes externos más destacados en la ecología humana de las cuencas, pero los mercados mundiales y las instituciones internacionales han adquirido cada vez más importancia en la determinación del acceso y uso de los recursos naturales de las cuencas en los últimos 50 años.

La importancia socioeconómica de los ecosistemas de cuenca exceden con mucho los intereses de los residentes locales. Los alimentos, la madera y la leña que se producen en un valle de las montañas pueden ser necesarios en una ciudad de río abajo. La población de una ciudad y su entorno rural puede querer construir una presa en un valle para evitar las inundaciones, regar el campo y producir energía hidroeléctrica. Una empresa nacional

RECUADRO 12

Medios de vida y degradación ambiental en las lomas del oriente de Guatemala

El municipio de Jocotán corresponde a la zona de captación del sur de la cuenca hidrográfica del Copán-Chortí, en el sureste de Guatemala, cerca de la frontera con Honduras. Es un territorio muy accidentado, lleno de pendientes, que ocupa una superficie de 148 km² y está a una altura de entre 1 800 y 300 metros sobre el nivel del mar. La población es de 37 000 personas, de las cuales 5 000 viven en la ciudad y 32 000 en caseríos dispersos en el campo, con una densidad de unas 215 personas por kilómetro cuadrado. En Jocotán hay demasiadas personas con muy poca tierra, en un ecosistema muy dinámico y frágil.

Cuando los colonizadores españoles fundaron la ciudad de Santiago de Jocotán en 1539, casi toda la cuenca del Copán-Chortí estaba cubierta de un bosque húmedo subtropical en el valle, bosque de acacias en las laderas y bosque de pinos en las tierras altas. Los españoles explotaron intensivamente el fértil valle aluvial para producir cacao, tabaco, azúcar de caña, zarzaparrilla, índigo y ganado. Los campesinos chortí que no participaban en la producción colonial se vieron obligados a cultivar sus milpas de subsistencia en las frágiles y empinadas laderas pedregosas. Era necesario rotar estas tierras pobres cada pocos años, lo que dio lugar a la deforestación de la cuenca.

La reforma liberal del siglo XIX transfirió al municipio los títulos comunitarios de las tierras de los indígenas, lo que permitió a los poderosos empresarios españoles de Jocotán incrementar su control sobre las tierras agrícolas y la mano de obra. Hacia fines del siglo nuevos inmigrantes se dirigieron hacia las minas de hierro y las plantaciones de café de las tierras altas. Los chortí se retiraron hacia zonas menos accesibles y menos productivas, donde diversificaron su economía familiar con la venta de pequeños excedentes y artesanías, aparcería o trabajo asalariado.

Para el decenio de 1920, tras dos siglos de deforestación continua, no había suficientes tierras para rotarlas y se intensificó la presión sobre el suelo. Disminuía la lluvia y en el decenio de 1950 los campesinos de las laderas comenzaron a producir sorgo resistente a la sequía como cultivo de protección, además del maíz y los frijoles tradicionales. Los hombres comenzaron a emigrar temporalmente a las plantaciones y las grandes haciendas.

Estas estrategias permitían a los campesinos satisfacer sus necesidades inmediatas y mantener a sus familias en las fincas. Sin embargo, en los últimos 30 ó 40 años sus desventajas en el comercio, el crecimiento demográfico y la consiguiente fragmentación de la tierra han hecho disminuir los activos naturales, físicos y económicos de las familias. La contracción de las parcelas familiares ha dado lugar a la explotación excesiva del suelo y la disminución gradual de las cosechas, que los fertilizantes químicos sólo remedian en parte. La falta de efectivo, mano de obra y conocimientos técnicos impide a la mayoría de los campesinos invertir en conservación del suelo y acopio de agua. Mientras tanto, la explotación forestal y la recolección de leña están degradando las manchas de pinos que quedan en las cumbres.

La cubierta vegetal hoy no basta para retener la lluvia, la humedad y el suelo. La temporada de lluvias con frecuencia comienza con un mes de retraso y tiene interrupciones más prolongadas y frecuentes. La lluvia se lleva grandes cantidades de sedimentos fértiles, y los deslaves son un peligro para la infraestructura, los cultivos, la propiedad y la vida. Los medios de vida de los campesinos de Jocotán corren cada vez más peligro, y la población y las instituciones locales reconocen la necesidad de encontrar opciones de desarrollo sostenible.

Fuente: Warren, 2005.

RECUADRO 13

Interpretación errónea de un paisaje africano

La prefectura de Kissidoudou en la cuenca del río Níger tiene un impresionante paisaje con zonas verdes de denso bosque tropical que se alzan en algunas partes de la sabana. Estas islas forestales, dispersas entre las suaves colinas, por lo general son circulares, de uno o dos kilómetros de diámetro, y comúnmente contienen una de las 800 aldeas de la prefectura.

Desde la ocupación francesa en 1893, los gobernantes de Guinea vieron en estas zonas boscosas los últimos vestigios del denso bosque húmedo que alguna vez cubriera el paisaje. Consideraron que la población local había convertido gradualmente el bosque en sabana cambiando las zonas de cultivo y aplicando fuego, conservando sólo las estrechas franjas que circundaban las aldeas. El Programme d'aménagement des bassins versants du Haut Niger, financiado por la Unión Europea (UE), adoptó la misma perspectiva, 100 años después.

Sin embargo, fuentes históricas, entrevistas e imágenes satelitales revelan que estas islas forestales no son vestigios de la destrucción del bosque, sino que los agricultores las crearon, en la sabana original, por motivos de subsistencia, sociales y rituales. La distribución geográfica de las islas forestales refleja la dinámica demográfica del último siglo, con la división de las aldeas de Kuranko y Kissi y la fundación de nuevos asentamientos, cada uno con su bosque creado por la población. Las fotografías aéreas y las imágenes satelitales de cinco aldeas principales revelan que entre 1952 y 1992 aumentaron las islas forestales en todas partes.

La interpretación errónea del paisaje de Kissidoudou reflejaba las relaciones de poder que sustentaban las políticas agrarias coloniales y postcoloniales. Debido a que se consideraba que la vegetación estaba degradada en vez de ser natural, muchos métodos tradicionales utilizados por los agricultores para enriquecer su paisaje fueron relegados a la oscuridad y quedaron marginados. Las autoridades normativas y los científicos del medio ambiente supusieron que la población sólo mejoraría sus hábitats forestales y de sabana mediante programas y proyectos externos y con planificación de las aldeas con apoyo del Estado. El debate presentaba a la población como incapaz de administrar en forma sostenible los recursos, promoviendo la idea de la necesidad de intervenciones externas para mejorar la situación en bien de la misma.

Fuente: Fairhead y Leach, 1996.

o internacional puede interesarse en obtener una concesión para extraer minerales o construir un centro turístico. Un organismo de protección ambiental puede decidir crear un parque nacional para proteger la biodiversidad de las montañas. En ocasiones, estos intereses externos son compatibles con los de la población de la cuenca, pero en otros casos representan una amenaza para los medios de vida locales. En todos los casos, la población de la cuenca tiene que compartir el control de los recursos de la cuenca con extraños.

Políticas, normas y leyes

Localmente, los recursos naturales de la cuenca hidrográfica están sujetos a diversos acuerdos de tenencia y acceso. Estos acuerdos pueden ser consuetudinarios y estar arraigados en los medios de vida y la cultura locales, o ser acuerdos jurídicos por cuyo cumplimiento vela el Estado a fin de armonizar los intereses locales y externos y garantizar que los bienes y servicios ambientales estratégicos se sigan suministrando río abajo. Esta situación ha conducido muchas veces a regímenes de tenencia complejos y plurales en los que coexisten la propiedad privada, social y estatal. Como ilustra

el recuadro 14, la superposición de nexos y los reglamentos contradictorios en los regímenes de tenencia plural a menudo producen importantes efectos en los procesos ambientales y socioeconómicos de las cuencas.

RECUADRO 14

Derechos agrarios consuetudinarios y jurídicos en Kenya

La cuenca del río Nyando abarca una superficie de 3 500 km² y es una de las zonas de mayor estancamiento agrícola, degradación ambiental y pobreza creciente del país. El río también acarrea una gran cantidad de sedimentos, nitrógeno y fósforo al lago Victoria. Pueblan la cuenca unas 750 000 personas de dos principales grupos lingüísticos: los luo, en la parte baja y media, y los kalenjin, en la zona alta. El reasentamiento de grandes fincas en las “tierras altas blancas” condujo a la coexistencia de los kalenjin con personas de otros grupos étnicos, lo que contribuyó en el decenio de 1990 a choques tribales por motivos políticos.

La cuenca alta de los kalenjin consta de bosques protegidos, plantaciones comerciales de té y pequeñas parcelas en empinadas laderas de tierras forestales que no están protegidas. En las zonas de mediana altura hay pequeñas explotaciones agrícolas (que producen maíz, frijoles y algo de café, bananos, batatas y leche) y grandes fincas comerciales, sobre todo de caña de azúcar. A orillas del lago, propensas a las inundaciones, donde viven los luo (que practican principalmente la agricultura de subsistencia y producen maíz, frijoles y sorgo) también hay fincas comerciales de caña de azúcar y arroz. Las zonas de regadío de río abajo pertenecen a pequeños agricultores y a la Junta Nacional de Irrigación.

En la cuenca del Nyando la tierra y el agua están sujetas a una gran variedad de acuerdos consuetudinarios y jurídicos que reglamentan los derechos de propiedad, con tres tipos de tenencia privada en tierras que antes eran de la corona –extensas superficies agrícolas (que anteriormente pertenecían a los blancos) concedidas en arrendamiento, tierras en arrendamiento subdivididas y tierras no agrícolas en arrendamiento–, así como cuatro tipos de tenencia privada en tierras fiduciarias: tierras en dominio absoluto en zonas de adjudicación, tierras en dominio absoluto en sistemas de asentamiento, arrendamientos no agrícolas y tierras colectivas para la cría de ganado. La degradación de la tierra es más grave en las tierras agrícolas arrendadas que están subdivididas y en las tierras en dominio absoluto en zonas de adjudicación. En las primeras, los problemas se asocian a una mala planificación del uso de las tierras durante la transición de la agricultura en gran escala a aquella en pequeña escala, que ocurrió en el decenio de 1960 y principios del de 1970. Las empresas que compraron tierras a favor de grupos de accionistas no tuvieron en cuenta la capacidad productiva de la tierra, las características del terreno ni la necesidad de servicios públicos. La compra de tierras a lo largo de las fronteras étnicas condujo a la formación de grupos de distintas culturas que vivían juntos en el mismo paisaje, lo que debilitó los sistemas tradicionales debido al predominio del régimen jurídico.

En las zonas asignadas a los luo, el crecimiento demográfico natural dio lugar a la sobreexplotación de todos los recursos de tierras. Además, algunas tierras del Estado y tierras fiduciarias no se han asignado a usuarios específicos, lo que las deja en gran estado de vulnerabilidad y sujetas a abuso debido a que hay acceso libre *de facto* a las mismas. Muchas otras zonas, importantes para la gestión de la zona de captación del agua, los manantiales, las zonas ribereñas, los humedales y las estructuras para almacenar el agua, se han designado propiedad privada.

Fuente: Swallow, Onyango y Meinzen-Dick, 2005.

El Estado reglamenta el acceso, la tenencia y el uso de los recursos de las cuencas hidrográficas a través de políticas, normas y leyes. La reglamentación puede tener importantes consecuencias en la dinámica de emigración e inmigración y en los sistemas de vida, y muchas veces desempeña una función decisiva en la determinación de la ecología humana de la cuenca (recuadros 9 y 10).

Una vez más, la escala de la cuenca hidrográfica es un factor esencial: mientras más grande es la superficie de la cuenca, más compleja es la interacción entre los intereses socioeconómicos locales y externos, y mayor es la necesidad de reglamentación. La gestión de las principales cuencas fluviales que son activos estratégicos para la economía nacional es un asunto público, mientras que las cuencas fluviales que interesan a varios países, como la del Congo, el Rin, el Amazonas, el Tigris y el Éufrates, y el Ganges, están sujetas a acuerdos e intervenciones transfronterizas de gestión (recuadro 15). Lo mismo se aplica a algunas cuencas cerradas, como la del Mediterráneo (recuadro 16), el mar Caspio y el lago Victoria.

RECUADRO 15

Gestión transfronteriza de cuencas e integración regional en África occidental

El río Níger, con 4 200 kilómetros de longitud, es el tercero más largo de África. Su cuenca es la novena más grande del mundo, con 2,2 millones de km² de superficie. Constituye un importante activo para nueve países de África occidental: Benin, Burkina Faso, el Camerún, Côte d'Ivoire, Guinea, Malí, el Níger, Nigeria y el Chad, algunos de los cuales son de los países más pobres del mundo.

El río atraviesa las siguientes cuatro zonas climáticas: tropical húmeda, tropical seca, semiárida y árida. Su muy variable precipitación pluvial oscila de 4 000 mm en el golfo de Guinea a 200 mm en el Sahel. La generalizada degradación ambiental y el deterioro de los recursos naturales de la cuenca son consecuencia de prácticas agropecuarias insostenibles, incendios forestales y deforestación, contaminación, erosión causada por el agua y el viento, sedimentación de los cursos de agua y proliferación de plantas acuáticas. La degradación de la tierra representa un gran peligro para la productividad y la producción de alimentos, en particular en la región del Sahel en la zona media de la cuenca. Un clima cada vez más árido, asociado a una demanda creciente de tierras de cultivo, han contribuido considerablemente a la destrucción de la cubierta vegetal. Corren un grave peligro el caudal del río, los ecosistemas y las actividades socioeconómicas.

El Programa transfronterizo de la Cuenca del Níger se creó para combatir la erosión hidrológica. Sus objetivos a largo plazo son proteger los recursos naturales de la cuenca y conservar su potencial hídrico para promover el desarrollo, disminuir la inseguridad alimentaria y la pobreza y conservar los ecosistemas locales. El programa adopta un enfoque participativo, sensible a las cuestiones de género, orientado a fortalecer la responsabilidad de las partes interesadas locales y a hacer que participen en las actividades de restablecimiento.

El programa incluye un componente regional destinado a fortalecer la capacidad de las autoridades de la cuenca para intervenir en el ámbito transfronterizo. Tres componentes nacionales, formulados como proyectos de inversión, se concentran en actividades prioritarias para la protección del medio ambiente y la lucha contra la sedimentación, en Burkina Faso, Malí y el Níger. Los tres tienen objetivos de desarrollo comunes, pero cada uno cuenta con una considerable autonomía. Las actividades nacionales aplican el enfoque participativo y se proponen crear conciencia y obtener el compromiso de las partes interesadas locales en todas las etapas de la ejecución.

continúa

Recuadro 15 (continuación)

Los objetivos del programa incluyen estabilizar de 3 000 a 5 000 hectáreas de dunas, administrar y proteger las praderas y las cuencas, restablecer 13 500 hectáreas de tierras degradadas a través de la agrosilvicultura, mejorar la capacidad de gestión de las instituciones locales y la población, y fortalecer la Autoridad de la Cuenca del Níger. Otros resultados previstos son: un repertorio de herramientas de determinación, planificación, coordinación, seguimiento y evaluación; un plan de gestión para combatir la erosión hidráulica y la sedimentación; mayor seguridad alimentaria y medios de vida mejores para la población local; generación de ingresos y diversificación de sus fuentes; empleo rural; y promoción de las mujeres mediante actividades que generen ingresos y alfabetización.

Fuente: Diallo, 2005.

RECUADRO 16 El agua dulce en la cuenca del Mediterráneo

La región del Mediterráneo se caracteriza, desde el punto de vista bioclimático, por fuertes sequías durante el verano; en los últimos 20 años, casi todos los países mediterráneos han experimentado sequías de varios años. La irregularidad de la lluvia y las crecidas con frecuencia causan inundaciones, y la lluvia es una de las principales causas de erosión del suelo. Las grandes obras de drenaje e irrigación realizadas en los siglos XIX y XX transformaron numerosas llanuras pantanosas en tierras muy productivas.

Hoy en día, la demanda de agua de esta región asciende a 3 000 millones de metros cúbicos, 100% más que hace un siglo y 60% más que hace 25 años. Esta demanda se distribuye heterogéneamente entre los países, con una variación de 100 a más de 1 000 m³ per cápita al año. La irrigación representa el 82% de la demanda en el sur del Mediterráneo. Con el pronóstico de que la población urbana (en las ciudades de más de 10 000 habitantes) aumentará de 43 millones en 1995 a 80 millones en 2025, los acueductos y el tratamiento del agua necesitarán inversiones considerables a fin de suministrar el agua y el saneamiento necesarios. Como principal destino turístico mundial, la demanda de agua potable en el verano aumenta mucho en las zonas costeras del Mediterráneo.

La extracción de agua ya excede el 50% de los recursos naturales renovables en la República Árabe Siria, Túnez y la cuenca mediterránea en España, y el 90% en Egipto e Israel. La explotación de las capas freáticas supera el 400% en la Jamahiriya Árabe Libia. El consumo muy insostenible de agua en el Mediterráneo obedece al exceso de explotación del agua subterránea y al uso cada vez mayor de los recursos fósiles. Contribuyen también la erosión y la sedimentación de los depósitos, con pérdidas anuales de la capacidad útil que llegan del 2% al 3% en el norte de África. La mitad de la capacidad útil de Marruecos se habrá perdido para 2050. El exceso de explotación de los acuíferos costeros ha dado lugar a una gran invasión de agua marina, y ha desaparecido hasta un 90% de los humedales, con enormes repercusiones en los ecosistemas. Es probable que se agudicen los conflictos por el uso y entre los intereses de las zonas de río arriba y río abajo, las ciudades y la agricultura, el corto plazo y el largo plazo, a la vez que aumentan los costos de gestión de la protección del agua, el saneamiento urbano y la contaminación.

continúa

Recuadro 16 (continuación)

Para lograr un mejor equilibrio entre la oferta y la demanda de agua, estabilizar la presión sobre el medio ambiente y atender las cuestiones sociales y económicas, es necesario conectar la gestión de los recursos con la demanda de agua, en particular reduciendo las pérdidas, aumentando la eficacia y mediando en la asignación de los recursos. Esto significa establecer objetivos ambientales y sociales, asignar funciones entre los sectores público y privado, descentralizar la gestión e incrementar la participación de las partes interesadas, así como aplicar instrumentos técnicos y económicos. Sobre todo, las políticas de desarrollo agrícola y rural en la región del Mediterráneo deberían tener en cuenta las cuestiones ambientales y sociales a la vez que intentan dar mayor eficacia a la irrigación.

Fuente: Dassonville y Fé d'Ostiani, 2005.

Las relaciones entre la población humana y el entorno de las cuencas hidrográficas se desenvuelven en un amplio marco en el cual se dan procesos internos y externos a la cuenca, río arriba y río abajo, de orden micro y macro. Este marco depende en gran medida de las políticas y las leyes a través de las cuales la sociedad nacional y los tratados internacionales reglamentan el uso de los recursos y servicios de la cuenca hidrográfica. La ecología humana de las cuencas hidrográficas se basa en la micro y macroeconomía del capital natural.

ECONOMÍA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Las cuencas hidrográficas proporcionan a la sociedad numerosos bienes y servicios, como agua potable, control de la erosión, fijación del carbono y conservación de la biodiversidad. Sin embargo, a diferencia de la madera, los productos pecuarios o los minerales, el valor de estos bienes y servicios pocas veces se expresa en dinero y no hay mercados donde puedan comprarse o venderse. Estos bienes y servicios se denominan “bienes públicos” o “externalidades positivas” (Cornes y Sandler, 1996).

El concepto de bien público conlleva que el consumo por parte de una persona no disminuye las oportunidades de consumo para otras personas (no hay competencia) ni excluye a nadie de su beneficio (cuadro 2). Los bienes públicos ambientales generados por las cuencas hidrográficas son la regulación del caudal y la calidad del agua, la distribución de los sedimentos y el mantenimiento de la belleza del paisaje.

Una externalidad es el valor de un producto que no se refleja en su precio de mercado. Por ejemplo, el valor que aporta un bosque al contener la erosión de los márgenes de los arroyos y regular la distribución de los sedimentos en los ríos no se refleja en el precio de mercado de las tierras forestales. Asimismo, el valor de un estanque río arriba que alimenta un acuífero no se refleja en el precio del agua. Por lo general, los agricultores no tienen en cuenta las externalidades al decidir conservar o talar los bosques, vender la madera y convertir la tierra a otros usos.

Los mercados de los bienes y servicios públicos que no crean competencia ni exclusión por lo general no tienen éxito porque no hay incentivos para que los beneficiarios paguen a los proveedores. Dado que todo pago para mejorar un bien o servicio beneficia a todos los beneficiarios, es racional que cada beneficiario espere para ver si los otros hacen una inversión que mejore el acceso a ese servicio. Es una estrategia de consumo a expensas de otros; si la adoptan todos los beneficiarios, no se suministrará ese bien o servicio.

CUADRO 2
Características de los bienes y servicios de las cuencas hidrográficas

	Gran competencia	Poca competencia
Poca exclusión	Bienes públicos Casi todos los servicios ambientales de las cuencas hidrográficas, como el control de la erosión	Recursos colectivos, como los bosques comunitarios, los peces de los embalses y los ríos
Gran exclusión	Bienes de peaje como el acceso a parques nacionales	Bienes privados, como la madera, los minerales y los productos agrícolas

Fuente: Landell-Mills y Porras, 2002.

La sociedad acostumbra dar un gran valor a las externalidades positivas de los paisajes de las cuencas hidrográficas y toma medidas para garantizar su cuidado y conservación. Esta es la principal justificación de la financiación pública de los programas de gestión de cuencas. Muchos países tienen leyes que reglamentan el acceso a las cuencas hidrográficas y su uso, pero muchas veces no son suficientes y son difíciles de aplicar.

Internalización de las externalidades de la cuenca hidrográfica en el mercado

Los enfoques de autoridad y de control para proteger la circulación de los beneficios de los paisajes de las cuencas han fracasado muchas veces. Por eso recientemente se ha tratado de crear mercados para esas externalidades. A través de esos mecanismos de pago por servicios ambientales (PSA) los beneficiarios de las externalidades o servicios pagan a los proveedores. Esto transforma una externalidad en un ingreso material para los proveedores de los servicios. Cuando proveedores y beneficiarios están en la misma cuenca hidrográfica, casi todos los servicios ambientales de interés se relacionan con el agua y dependen del tipo de uso del agua, el régimen hídrico y las características geológicas de la cuenca, así como de los factores climáticos. El cuadro 3 resume los servicios ambientales de la cuenca hidrográfica señalados en algunos estudios latinoamericanos. Los servicios de la cuenca hidrográfica incluyen también la fijación de carbono y la conservación de la biodiversidad.

CUADRO 3
Servicios ambientales de la cuenca hidrográfica y sus usuarios

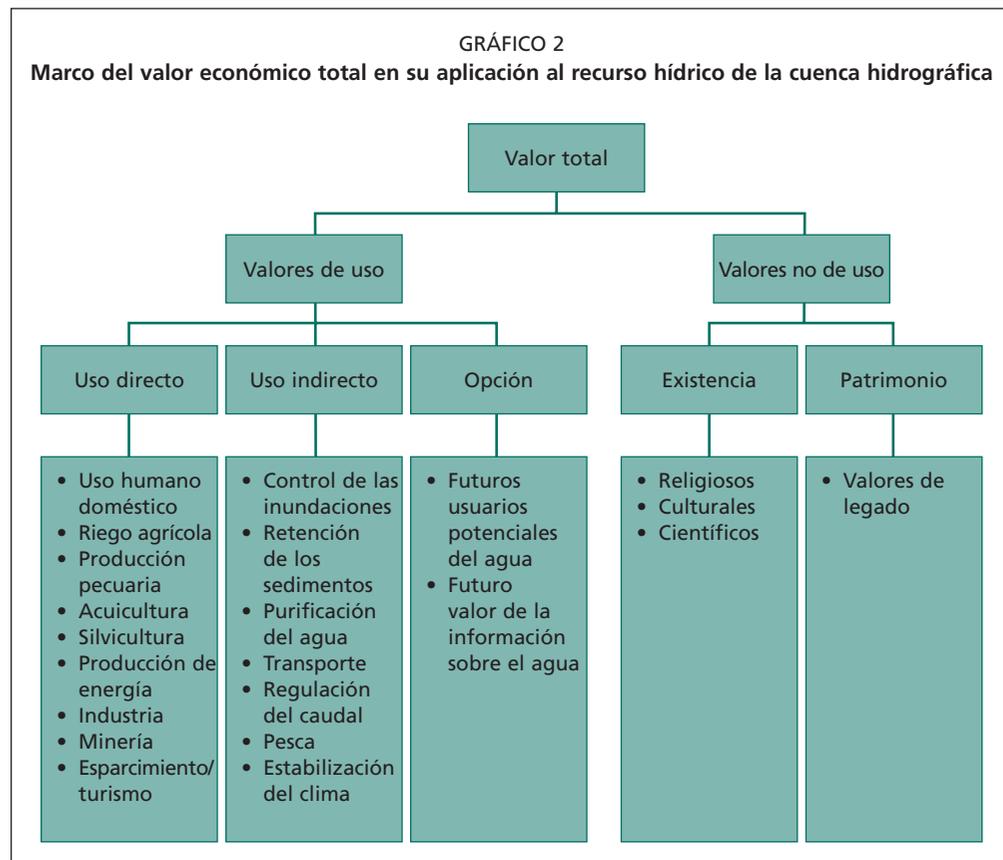
Servicio	Usuarios
Incremento o estabilización del caudal anual	Proveedores de agua potable Instalaciones hidroeléctricas con almacenamiento multianual
Incremento o estabilización del caudal de la temporada de sequía	Proveedores de agua potable Instalaciones hidroeléctricas del escurrimiento del río Irrigación
Baja concentración de sedimentos suspendidos	Proveedores de agua potable Servicios hidroeléctricos con almacenamiento multianual Instalaciones hidroeléctricas del escurrimiento del río
Baja concentración de la carga de sedimentos	Instalaciones hidroeléctricas con almacenamiento multianual Irrigación
Baja concentración de residuos de fertilizantes y plaguicidas	Proveedores de agua potable
Mejor calidad respecto a los microbios	Proveedores de agua potable

Fuente: Kiersch, Hermans y Van Halsema, 2005.

Los valores de los bienes y servicios de la cuenca hidrográfica pueden clasificarse de acuerdo con el marco del valor económico total (Barbier, 1991; Pearce y Turner, 1990; Munasinghe, 1993). Este marco divide el valor total en valores de uso y valores que no son de uso. Los valores de uso son los que se asignan a un recurso necesario para una actividad económica actual o futura. Se pueden dividir en: valores de uso directo, que reflejan el valor de un bien como insumo ambiental directo a una actividad económica, y valores de opción, que reflejan el valor de la oportunidad de seguir teniendo acceso a ese bien en el futuro. Los valores que no son de uso no se asocian a las actividades económicas. Los valores de existencia se aplican a los recursos cuya existencia es muy valiosa para algunas personas por motivos religiosos o culturales. Los valores patrimoniales son los que se atribuyen a la disponibilidad de un recursos para las futuras generaciones. El gráfico 2 ilustra la aplicación del valor económico total a los recursos hídricos de la cuenca.

Como se expone en el gráfico 2, los servicios ambientales de la cuenca hidrográfica comúnmente tienen valores directos de uso o indirectos de uso, y también pueden tener valores de opción, de patrimonio y de existencia, como es, por ejemplo, la conservación de la biodiversidad.

La valoración económica de los servicios generados por la cuenca hidrográfica no es simple. En primer lugar, es necesario entender bien los nexos biofísicos entre el uso de la tierra y los recursos hídricos en la cuenca: debe demostrarse que un territorio específico o el uso del agua procedente de río arriba beneficiará a los usuarios de río abajo. En segundo lugar, debe asignarse un valor económico a la externalidad. Con base en estas valoraciones se puede establecer un mecanismo de PSA a través del cual los beneficiarios paguen a los usuarios de la tierra por el suministro de los servicios.

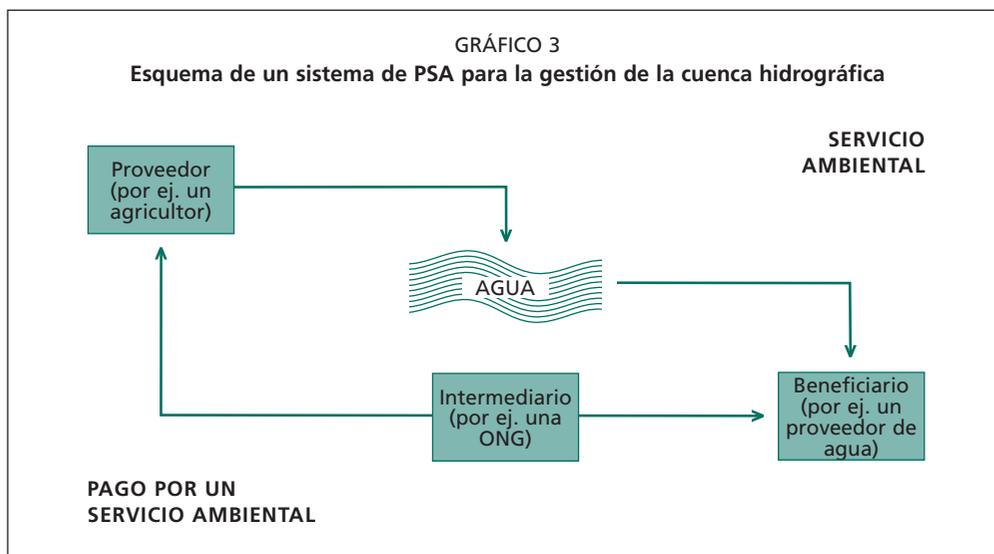


Fuente: Echavarría, 2000.

Posibilidad y dificultad para asignar valor económico a los servicios de la cuenca

Si bien han mejorado los métodos de valoración de los servicios ambientales, su alcance es limitado. La asignación de valor económico deja ver a los encargados de tomar las decisiones y el público los costos y los beneficios, pero no permite evaluar los aspectos morales o estéticos, como el valor de un recurso necesario para que funcione un ecosistema. La equidad intergeneracional también es difícil de evaluar. Los economistas utilizan tasas de descuento y enfoques de ponderación para calcular las reservas y la circulación de los recursos en el tiempo (Pearce, 1983). Sin embargo, las decisiones sobre el peso mismo de los factores ambientales, sociales y económicos, y de los beneficios a corto plazo frente a los de largo plazo, son decisiones morales y políticas (Echavarría, 2000).

No obstante estas limitaciones, el enfoque en los PSA es un innovador y útil concepto para el manejo de cuencas. Casi todos los sistemas de PSA reconocen que los servicios ambientales que proporcionan las cuencas se harán cada vez más escasos, y dependen de la voluntad de los beneficiarios en invertir para que se sigan proporcionando. El gráfico 3 ilustra un plan característico de PSA para las cuencas hidrográficas. Los proveedores de río arriba suministran un servicio ambiental relacionado con el agua y bien definido a los beneficiarios de río abajo, que compensan a los proveedores a través del sistema de pagos, ya sea directamente o a través de un intermediario.



Los sistemas de PSA para las cuencas hidrográficas se pueden clasificar en dos categorías (Kiersch, Hermans y Van Halsema, 2005):

- *Sistemas locales*, en los que participan los proveedores y los beneficiarios del servicio de una cuenca hidrográfica. Los beneficiarios de río abajo pueden ser las empresas municipales o privadas de suministro de agua, las empresas hidroeléctricas o de otros tipos, como las fábricas de bebidas. Los proveedores pueden ser los propietarios privados de tierras o grupos de propietarios de tierras, como las cooperativas agrícolas (recuadros 17 y 18).
- *Programas nacionales*, que financian incentivos destinados a los usuarios de las tierras a través de subvenciones transectoriales, como los impuestos a los combustibles o la producción de energía. Como esos fondos se canalizan a través de programas del gobierno no siempre existe una transacción directa entre los proveedores y los beneficiarios del servicio (recuadros 19 y 20).

RECUADRO 17

Un acuerdo privado para el pago compensatorio por los servicios de gestión de cuencas en Costa Rica

En Costa Rica, diversas leyes y reglamentos protegen los ecosistemas que regulan los recursos limitando la explotación de la tierra en zonas boscosas con la finalidad de conservar la cubierta vegetal y evitar la contaminación. Desde 1996, el gobierno además patrocina sistemas de PSA para crear incentivos económicos para la conservación forestal a fin de compensar a las personas cuyas tierras o el uso de las mismas generan servicios ambientales. Compete al Ministerio del Ambiente la ejecución de estas leyes y sistemas, la aplicación de multas y la concesión de derechos sobre el uso del agua al Proyecto Hidroeléctrico La Esperanza (PHLE).

La producción de energía eléctrica requiere caudales regulares de agua. Alrededor del 98% de los 34 km² del territorio que ocupa la cuenca hidrográfica del PHLE es zona forestal, y las variaciones estacionales del caudal del río son motivo de particular interés. En 1998 el PHLE y la ONG de conservación propietaria de la cuenca de río arriba firmaron un contrato privado para reducir los riesgos asociados a los cambios en el uso de las tierras. El objetivo principal es conservar la cubierta forestal río arriba a fin de garantizar la regularidad del caudal de río abajo.

Fue necesario tomar esta medida debido a un conflicto por la propiedad de la tierra entre el PHLE y la ONG por la instalación de la central hidroeléctrica, que debía ubicarse en un terreno de 1,5 ha de propiedad de la ONG. El contrato concede derechos de uso de la tierra al PHLE por 99 años; la ONG sigue siendo propietaria de la tierra y lleva a cabo actividades para proteger la cubierta forestal de la cuenca hidrográfica. El PHLE compensa a la ONG mediante pagos que aumentan durante los primeros cinco años y a partir de entonces se calculan sobre la base de la producción de electricidad y la inflación. El valor original del servicio hidrológico se estableció de acuerdo con el utilizado en otros acuerdos análogos del gobierno. Los pagos aportan entre el 10% y el 25% del presupuesto anual de la ONG, y aumentan un 21% los costos de operación y mantenimiento de la central. En caso de retraso en el pago, la ONG puede revocar el derecho al uso de la tierra y toda la infraestructura que contiene.

Fuente: Rojas y Aylward, 2003.

RECUADRO 18

Un plan público-privado de PSA en una zona rural de Ecuador

El municipio de Pimampiro tiene cerca de 20 000 habitantes, de los cuales 6 300 son residentes urbanos. El municipio se abastece del agua que se origina en los bosques y las praderas de río arriba. Entre 1987 y 1997, una cooperativa agrícola, la Asociación Nueva América (ANA), compró 638 hectáreas de bosques, praderas de las montañas y tierras agrícolas en la cuenca de río arriba. Si los bosques y la pradera de las tierras altas siguieran explotándose en forma inadecuada, el suministro de agua a la ciudad estaría en peligro.

En 2001, el municipio de Pimampiro y la ANA firmaron un acuerdo de cooperación con el doble propósito de conservar la cubierta forestal y la pradera de las tierras altas, y proteger a la vez los manantiales que suministran agua potable a las zonas urbanas de Pimampiro. La Unidad Municipal para el Ambiente y el Turismo (UMAT) establece contratos con las cooperativas, basados en sus planes de gestión de las tierras, y paga una subvención por los usos de la tierra que contribuyen al suministro de agua.

Este mecanismo se estableció con una donación internacional de 15 000 dólares EE. UU. La conservación del bosque primario y la pradera de las tierras altas obtiene los pagos más elevados: 1 dólar por hectárea al mes, mientras que el bosque secundario obtiene 0,75 dólares por hectárea al mes, y el bosque primario o pradera de las tierras altas intervenidos obtienen 0,50 dólares por hectárea al mes. Las tierras agrícolas no reciben pagos. Los pagos se realizan tras la inspección de un técnico de la UMAT, que se lleva a cabo cada cuatro meses. En los casos de incumplimiento repetido, se excluye del plan a los proveedores.

El municipio se ha comprometido a destinar a este fondo el 20% de los pagos de la población por el agua, cantidad que asciende a menos de 4 000 dólares al año, lo que apenas alcanza para pagar la compensación por 638 hectáreas y los costos de administración, supervisión y técnicos. Para cubrir toda la superficie de río arriba que proporciona agua, sería necesario incluir en el plan un total de 4 285 hectáreas, lo que representaría sextuplicar los pagos compensatorios, lo cual actualmente no está al alcance del municipio.

Fuente: Ambrose, 2002.

RECUADRO 19

Transferencia de ingresos hidroeléctricos a instituciones de gestión de cuencas en Colombia

Los recursos hídricos de Colombia son abundantes: 47 468 m³ per cápita al año. Sin embargo, las zonas densamente pobladas por lo general disponen de menos agua, lo que suscita preocupación por una inminente crisis hídrica a mediano plazo. Acontecimientos climáticos extremos, como El Niño, ya han producido grandes pérdidas en el sector hidroeléctrico.

La reacción del gobierno ha sido transferir el 6% de las ventas brutas de energía de los proyectos hidroeléctricos a los municipios y las organizaciones regionales de desarrollo (ORD). Por ley, el 50% de estos fondos deben invertirse en mejoramiento de las zonas de las cuencas de las instalaciones hidroeléctricas, y las ORD deben formular y ejecutar planes de gestión de la cuenca hidrográfica. De 23 ORD, 16 tienen proyectos hidroeléctricos en sus zonas, y entre 1994 y 2000 recibieron un total de 135 millones de dólares EE. UU. de la venta de energía hidroeléctrica.

Este sistema es un potente instrumento para invertir en servicios ambientales de las cuencas altas, pero los pagos se destinan cada vez más a costear los gastos administrativos de las ORD y a otros fines. Para corregirlo, es necesario que los planes de gestión de las cuencas hidrográficas den prioridad a las zonas que producen el mayor impacto hidrológico río abajo. Las ORD deberían definir indicadores claros y susceptibles de verificarse, así como un sistema de seguimiento y evaluación para ponderar las repercusiones generadas.

En otros sistemas de PSA, como el del valle de Cauca, los usuarios de agua de río abajo transfieren una parte de las cuotas autoimpuestas por el uso del agua a proyectos que conservan la cuenca hidrográfica de río arriba (Echavarría, 2002b).

Fuente: Estrada y Quintero, 2004.

RECUADRO 20

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica

Ante la disminución de los recursos forestales debida a la ampliación de la frontera agrícola, Costa Rica está a la vanguardia del desarrollo de los PSA. La Ley forestal de 1996 estableció un sistema nacional de pagos que tiene en cuenta los servicios de las zonas forestales en materia de protección de cuencas, fijación del carbono, conservación de la biodiversidad y de la belleza del paisaje. El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) administra los pagos que se realizan a través de este programa, de los cuales casi dos terceras partes se financian con un impuesto a los combustibles. Una porción menor procede de la venta de créditos por carbono a empresas internacionales (18%), donaciones internacionales (16%) y de pagos de los productores de energía hidroeléctrica (5%). Desde 2005, FONAFIFO emite certificados de servicios ambientales para todos los interesados en conservación forestal.

Este programa compensa la conservación de los bosques, las actividades de reforestación y, desde 2005, la agrosilvicultura y los sistemas integrados de plantación, con base en los costos de oportunidad de la conversión de tierras forestales a otros usos productivos. Entre 1997 y 2004, más de 400 000 hectáreas y más de 7 000 familias se beneficiaron de este sistema; más del 80% de los contratos realizados eran para proteger los bosques o de agrosilvicultura. Sin embargo, en algunas zonas los pagos del programa han resultado demasiado reducidos. En la zona periurbana que circunda La Heredia, por ejemplo, la empresa de suministro de agua aumentó las tarifas del agua para pagar otros incentivos a los propietarios de tierras ubicadas en las cuencas hidrográficas que abastecen al municipio en agua potable.

Los contratos tienen una duración de 10 años para las actividades de reforestación, cinco años para protección forestal y tres años para agrosilvicultura. Los pagos por protección forestal se distribuyen uniformemente a lo largo del período del contrato, mientras que en los contratos de reforestación y agrosilvicultura, cerca del 50% se paga en el primer año para contribuir a la inversión inicial de los propietarios.

Este programa es muy popular. La oferta supera con mucho la demanda. En 2005, FONAFIFO concedió contratos sólo para el 12% (608 hectáreas) de la zona de reforestación prevista, 30% (132 000 hectáreas) de la zona de agrosilvicultura, y 57% (31 000 hectáreas) de la superficie de protección forestal previstas en el programa. Con todo, la cubierta forestal del área se extendió del 32% en 1990 al 45% en 2004. El plan de FONAFIFO también ha alentado la creación de otros planes privados análogos de PSA, como el de La Heredia y La Esperanza (recuadro 17), que aprovechan la estructura institucional del país.

Fuente: Rojas y Aylward, 2003; FONAFIFO, 2005.