

Montañas y recursos hídricos

H. Liniger y R. Weingartner¹

Relaciones entre las montañas, los bosques y el agua.

LAS MONTAÑAS: UNA PRIORIDAD MUNDIAL

¡El agua es la vida! El agua es esencial en todos los aspectos de la vida cotidiana, como bebida básica y para producir alimentos y proteger la salud, para producir energía y para el desarrollo industrial, para la ordenación sostenible de los recursos naturales y para la conservación del medio ambiente. El agua tiene también valores religiosos y culturales. Lamentablemente, el agua está escaseando en muchas zonas y regiones del planeta. Los datos más recientes del Informe sobre el agua sostenible (1996) del World Water Council revelan lo alarmante de la situación: «En 1950, sólo 12 países con 20 millones de habitantes padecieron escasez de agua; en 1990 fueron 26 países con 300 millones de habitantes; hacia 2050 se calcula que el problema afectará a 65 países con 7 000 millones de habitantes, es decir alrededor del 60 por ciento de la población mundial, principalmente en los países en desarrollo.» El informe insta a la acción inmediata para mantener la disponibilidad de agua dulce en el siglo próximo. Como se ha mostrado en el reciente informe sobre gestión del agua dulce (Liniger *et al.*, 1998), las montañas desempeñan un papel decisivo en el suministro de agua dulce a la humanidad, así en regiones montañosas como llanas.

Desde los años setenta los ecosistemas montañosos han recibido una atención creciente en varios programas de investigación. En 1992, en la Cumbre sobre la Tierra (Conferencia de las Naciones Uni-

das sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo) de Río de Janeiro, se incluyó un Capítulo 13 titulado «Ordenación de los ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña» en el Programa 21, principal documento de la reunión. La Comisión de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible designó después a la FAO como coordinador de tareas para este capítulo de las montañas. Una colaboración de amplitud sin precedentes entre organismos de las Naciones Unidas, gobiernos nacionales, organizaciones internacionales, ONG e instituciones de investigación, hizo posible presentar en el período extraordinario de sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas, Cumbre sobre la Tierra + 5, en 1997, un extenso informe titulado *Mountains of the world: a global priority* (Montañas del mundo: una prioridad mundial) (Messerli e Ives, 1997), y un documento complementario sobre políticas, *Mountains of the world: challenges for the twenty-first century* (Montañas del mundo: desafíos para el siglo XXI) (Bisaz *et al.*, 1997).

EL PAPEL DE LAS MONTAÑAS COMO DEPÓSITOS DE AGUA

Todos los grandes ríos del mundo tienen sus cabeceras en tierras montañosas y más de la mitad de la humanidad depende del agua dulce que se acumula en las zonas montañosas. Aunque constituyen una proporción relativamente pequeña de cuencas fluviales, la mayor parte del caudal se origina en las montañas, y esta proporción depende de las estaciones. Estos «depósitos de agua» son esenciales para el sustento de la humanidad. Al crecer la demanda, aumentan las posibilidades de conflicto por el uso del agua de las montañas. La gestión cuidadosa de los recursos hídricos debe ser, por lo tanto, una prioridad absoluta en un mundo que está destinado a una crisis de agua en el próximo siglo. Muchas razones

¹ Con contribuciones de B. Messerli (Instituto de Geografía, Universidad de Berna), C. Küchli (consultor forestal independiente), A. Bisaz (Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo), U. Lutz (Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo) y M. Grosjean (Instituto de Geografía, Universidad de Berna).

impulsan a centrar la atención en las montañas. Las más importantes son:

Abundancia de las precipitaciones. Las montañas forman barreras en la circulación de las masas de aire. Al tener que elevarse, el aire se enfría, lo que da lugar a las precipitaciones. En las regiones semiáridas y áridas, sólo las tierras altas tienen pluviosidad suficiente para producir escorrentía y recargar las capas de agua subterránea.

Almacenamiento y distribución del agua en las tierras bajas. Las aguas captadas a altitudes elevadas fluyen por gravedad por la red fluvial o las faldas acuíferas subterráneas hacia las tierras bajas, donde hay una fuerte demanda de los centros urbanos, la agricultura y la industria. Por ejemplo, los 1,4 millones de habitantes de La Paz y El Alto (Bolivia) dependen sobre todo del agua procedente de los glaciares circundantes por encima de 4 900 m. s. n. m., y el 75 por ciento de la energía eléctrica para estas ciudades se produce en las centrales hidroeléctricas de la vertiente oriental de los Andes.

En las zonas húmedas del mundo, la proporción de agua generada en las montañas puede llegar hasta el 60 por ciento del total de agua dulce disponible en la cuenca, mientras que en las zonas semiáridas y áridas esta proporción suele superar el 90 por ciento.

El agua como sustentadora de vida. El suministro de agua limpia y potable es fundamental para la existencia y la salud humanas. Desde 1940, las extracciones mundiales de agua dulce de todas las

fuentes (es decir, el uso de agua de superficie o subterráneas) han aumentado en más del cuádruple. El 70 por ciento del agua se utiliza para riego. La relación entre el agua de las montañas y la producción mundial de alimentos es evidente, en particular en los climas áridos y semiáridos de las zonas tropicales y subtropicales donde se encuentran la mayoría de los países en desarrollo y más de la mitad de la población mundial. Además, el agua almacenada en los lagos y embalses de las montañas tiene un valor económico adicional como fuente potencial de energía hidroeléctrica. El agua dulce de las montañas mantiene también muchos hábitats naturales, en tierras altas o bajas, contribuyendo así a la conservación de la biodiversidad.

Ecosistemas frágiles. Las montañas son ecosistemas muy frágiles. Las lluvias intensas, las fuertes pendientes y los suelos poco firmes pueden dar lugar a fuertes escorrentías de superficie, erosiones y deslizamientos de tierras. Los sedimentos producidos por la erosión contaminan en alto grado las aguas de superficie. El uso de la tierra, el desarrollo de

infraestructuras, la minería y el turismo en las zonas montañosas pueden condicionar notablemente la cantidad y la calidad del agua de los ríos y los acuíferos.

Conflictos en torno al agua. En todo el mundo, 214 cuencas fluviales, que acogen al 40 por ciento de la población mundial y abarcan más del 50 por ciento de la superficie terrestre de continentes e islas, son compartidas por dos o más países. La distribución del agua de las zonas montañosas fue causa de 14 conflictos internacionales registrados en 1995. Por ejemplo, el conflicto árabe-israelí, aun siendo básicamente una disputa sobre seguridad y territorio, se refiere también a los suministros de agua dulce de las montañas fronterizas libanesas, monte Hermón, los Altos de Golán y los montes de la Ribera Occidental. También surgen disputas sobre el agua en menor escala, entre tierras altas y bajas dentro de fronteras nacionales, como por ejemplo en torno al monte Kenya.

El agua de montañas «sagradas». Las poblaciones de todo el mundo han visto siempre en las montañas la fuente del

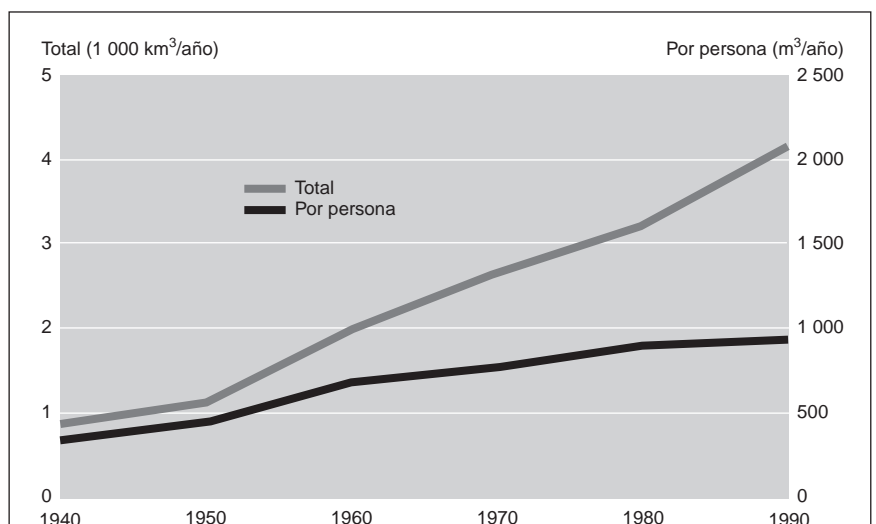


FIGURA 1
Aumento del consumo mundial de agua potable

Fuente: Instituto Mundial sobre Recursos.

agua, la vida, la fertilidad y el bienestar en general. Las montañas han sido y en algunos lugares siguen siendo veneradas como sede de deidades y como generadoras de las nubes y la lluvia que alimentan los manantiales, ríos y lagos imprescindibles para la existencia misma de las sociedades.

LA ORDENACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA MONTAÑA Y EL SUMINISTRO DE AGUA

La experiencia del monte Kenya: el impacto humano directo e indirecto

Los ríos que nacen de los glaciares del monte Kenya corren a través de los altos páramos hacia el cinturón forestal, donde la pluviosidad es más fuerte, y se recargan los ríos y los acuíferos subterráneos. El 90 por ciento del caudal en la estación seca del río Ewaso Ng'iro procede de las tierras montañosas, los páramos y los bosques de altitudes superiores a 2 400 metros que circundan el monte Kenya. En las laderas más bajas y en los valles, tanto la población como la superficie cultivada se han triplicado con creces en los últimos 20 años, y las tomas de agua del río para riego han aumentado de manera considerable. Actualmente, el 60 por ciento de los habitantes de la cuenca del Ewaso Ng'iro viven en esta zona y el resto viven aguas abajo en las llanuras semiáridas, donde necesitan para su subsistencia el agua que les llega de más arriba.

El descenso del caudal fluvial en la estación seca es un grave problema: desde los años sesenta, el caudal medio en la estación seca del río Ewaso Ng'iro se ha reducido en las tierras bajas a la octava parte de su nivel anterior. Desde el decenio de 1980, el río antaño perenne ha conocido períodos prolongados en que ha dejado de fluir. En consecuencia, los ecosistemas irrepetibles de las reservas de caza mayor de Samburu y Buffalo Springs en las tierras bajas sufren durante el período de sequía, lo que repercute negativamente sobre el turismo, fuente principal de divisas en la región. Los pastores nómadas y su ganado, así como la fauna de las tierras bajas, resultan muy perjudicados y se ven obligados a trasladarse aguas arriba en busca de agua y pastizales, de lo que resultan conflictos con los agricultores.

Hay dos factores principales que afectan al caudal de los ríos en las tierras bajas:

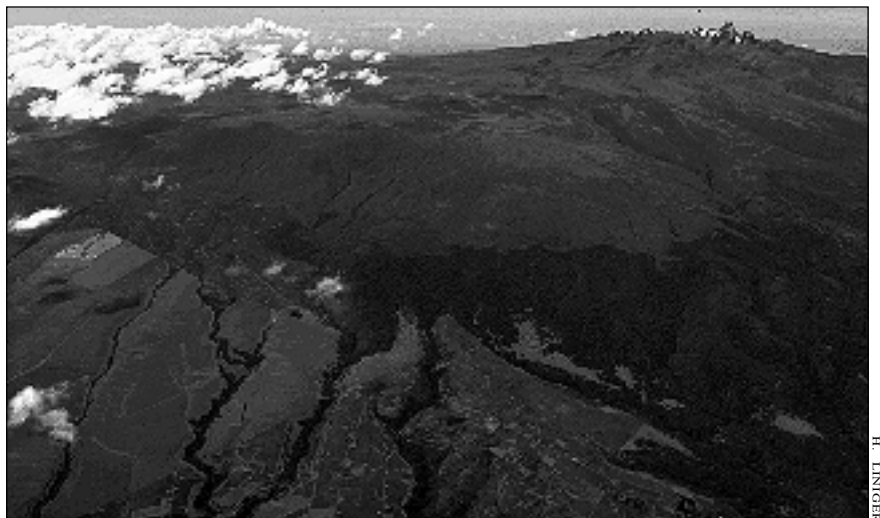
El crecimiento de las tomas de agua. El crecimiento demográfico y la inmigración a la zona alrededor del monte Kenya eleva el consumo de agua como bebida, para uso industrial y urbano y, sobre todo, para riego. Además, las tomas de agua no

se controlan ni administran debidamente. En la actualidad, la cantidad de agua que se toma es diez veces superior a la que debería permitirse con una correcta supervisión. Se precisa con urgencia supervisar las tomas, mejorar los procedimientos de adjudicación y control.

Cambios e intensificación del uso de la tierra. Los cambios en el uso de la tierra han repercutido también sobre el caudal fluvial y la calidad del agua. La eliminación de la cubierta vegetal y el uso más intenso de las laderas septentrionales del monte Kenya (Figura 2) han incrementado la escorrentía durante las tormentas, produciendo erosión y contaminación de las aguas superficiales. En los últimos años se han registrado inundaciones repentinas, antes desconocidas, que anegan las viejas casas de campo y los albergues de turismo. Se está investigando todavía para cuantificar el impacto de las actividades humanas y del cambio en el uso de la tierra sobre la escorrentía y las inundaciones, así como sobre el caudal fluvial en la estación seca.

Las mediciones de la humedad del suelo según sus diversos usos indican el agua que se pierde por evapotranspiración. Comparando los bosques naturales con

FIGURA 2
Evolución del uso de la tierra: bosques (derecha), cultivos en gran escala (izquierda), cultivos en pequeña escala (centro) ¿Cuáles son las consecuencias para los caudales de los ríos?



las plantaciones y las tierras de cultivo en el monte Kenya se ha visto que el suelo más seco es el de las plantaciones de cipreses, donde el agua se usa mucho más rápidamente que en los bosques naturales. Las precipitaciones no son suficientes para reponer el agua subterránea. En el bosque natural, el suelo está más húmedo y hay períodos de reposición del agua freática. Es natural que un árbol de crecimiento rápido consuma más agua, en términos absolutos, que uno de crecimiento lento (pero no necesariamente por cada metro cúbico de madera producida). En cultivos como el de la papa, el suelo tiene un mayor contenido de agua y la reposición de agua subterránea es mayor. A pesar de la escorrentía durante las tormentas fuertes, las tierras de cultivo son las que mejor contribuyen al agua subterránea y al caudal de los ríos.

La experiencia del Himalaya: el efecto de escala

Se da por supuesto generalmente que las inundaciones en Bangladesh son debidas a la deforestación y a otras actividades humanas en el Himalaya (Figura 3). No obstante, aunque de las montañas fluyen caudales de agua vitales hacia las tierras bajas durante la estación seca, no

parece que su papel sea determinante en la producción de inundaciones en Bangladesh.

Tanto el Ganges como el Brahmaputra discurren por varios países, de manera que la «culpa» de las inundaciones en Bangladesh ha llegado a ser una cuestión geopolítica sensible. Entre científicos y políticos se discute apasionadamente en qué medida las inundaciones son naturales y hasta qué punto están condicionadas por las actividades humanas en las tierras altas.

Los estudios recientes (Hofer, 1998) indican que las inundaciones en Bangladesh e India son independientes de las actividades humanas en el Himalaya. Ni la frecuencia ni el volumen de las inundaciones han aumentado en Bangladesh en los últimos 120 años. Por ejemplo, las lluvias extraordinarias de los días 19 y 20 de julio de 1993 en Nepal oriental y central tuvieron efectos catastróficos localmente, con inundaciones y corrimientos de tierras en varios distritos. Sin embargo, el nivel del Ganges cerca de la frontera entre India y Bangladesh no se vio afectado. La cresta de la inundación de los afluentes nepaleses se había nivelado al pasar de las montañas a la llanura. Las fortísimas pre-

cipitaciones en las montañas y en las llanuras contiguas casi no tuvieron efecto aguas abajo en Bangladesh. Así pues, a nivel local, el uso de la tierra puede repercutir en la escorrentía, la erosión y las inundaciones, mientras que a nivel regional la inundación es un peligro natural que escapa en gran medida al control humano. Por otra parte, la sustitución de los bosques por cultivos cuidadosamente administrados y abancalados no tiene efectos negativos sobre la erosión, el transporte de sedimentos o las inundaciones (Hamilton, 1987, Hofer y Messerli, 1997).

Experiencia en los Alpes suizos: la función hidrológica de los bosques

La contribución de las montañas suizas al caudal del río Rin en los Países Bajos es desproporcionada, variando estacionalmente del 30 por ciento en invierno al 70 por ciento en verano, cuando el caudal es mínimo en los afluentes de la llanura pero elevado en los Alpes por la fusión de la nieve y el hielo. Similares proporciones elevadas de agua de las montañas en el caudal anual se observan en los ríos Ródano (el 32 por ciento de superficie montañosa aporta el 47 por ciento del caudal en la llanura) y Po (el 32 por ciento de superficie montañosa aporta el 56 por ciento del caudal en la llanura).

La importancia de la región alpina se basa sobre todo en que el efecto orográfico favorece las precipitaciones. En buena parte, éstas se producen en forma de



FIGURA 3
Degradación de la tierra en la cuenca del Jhikhu Khola en las montañas medias de Nepal, causante de inundaciones locales y transporte de sedimentos en los ríos

nieve en altitudes elevadas y pueden formar depósitos de nieve y glaciares que se traducen en una dilatada escorrentía en verano, la estación de crecimiento. Las cuencas de captación alpinas se caracterizan por una descarga media anual por unidad de superficie muy superior (más de 30 l/s por km²) a la de las cuencas de las llanuras de Europa central (unos 10 l/s por km²).

Los ríos alpinos fueron antaño importantes arterias comerciales y de transporte. En la primera mitad del siglo XIX se enviaban grandes cantidades de madera de los Alpes a Francia y a Holanda. En ese período Suiza sufrió repetidamente grandes inundaciones que costaron decenas de vidas y causaron extensos daños (Figura 4). Los especialistas forestales y los políticos alertaron entonces sobre la vinculación entre la tala de árboles y la creciente escorrentía, lo que influyó sobre la promulgación de la primera ley forestal nacional en 1876, que contenía disposiciones estrictas para la protección de los bosques. Estudios más recientes, sin embargo, indican que algunos sucesos naturales del pasado siglo fueron tan extremos que habría habido inundaciones aunque no se extrajera madera. La relación entre deforestación y aumento de la escorrentía es mucho más compleja de lo que se suponía entonces, o incluso se supone hoy en algunos sectores.

Experimentos clásicos realizados en el Emmental muestran que después de tormentas sin precipitaciones excesivas las crecidas son menores en los ríos con cuencas boscosas que en aquellos cuyas cuencas carecen de una buena cubierta vegetal (Burger, 1954). En otras palabras, las crecidas de los ríos disminuyen cuando el agua se libera más gradualmente de los terrenos boscosos, a diferencia de los suelos con menos capacidad de infiltración y almacenamiento. En estos últimos, la escorrentía será mayor, y más elevado

y violento el caudal del río en caso de tormenta. La descarga total anual es menor en zonas forestales que en las desprovistas de arbolado, debido a la evapotranspiración. Estudios análogos en otros países han llegado a las mismas conclusiones básicas, aunque han deja-

do claro que, además de la capa forestal, otros factores como las condiciones geológicas y edafológicas, la morfología y el clima pueden tener una influencia considerable sobre la escorrentía (Bosch y Hewlett, 1982).

Está claro que la tasa de infiltración y



FIGURA 4
En el siglo XIX se pensaba que la tala de bosques y el pastoreo excesivo eran las causas principales de fuertes inundaciones destructoras, como las de la cuenca del Lambach cerca de Brienz, Suiza, en 1893.

FIGURA 5
La influencia del bosque en la reducción de la gran escorrentía cesa en cuanto el suelo se satura. Toda el agua de lluvia adicional correrá inmediatamente y se abrirá paso hacia los ríos causando inundaciones



la capacidad de almacenamiento del suelo en el bosque tienen una enorme importancia (Keller, 1992). Los bosques con suelos de buena estructura y ricos en materia orgánica tienen una capacidad de retención de agua relativamente elevada. No obstante, la influencia del bosque cesa en cuanto el suelo está saturado (Figura 5). Cuando esto sucede, como fue el caso de las lluvias excepcionales en Suiza el siglo pasado, es más fácil que ocurran inundaciones.

EL USO DE LAS MONTAÑAS, LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LOS BOSQUES

Los estudios de casos indican que el uso de los recursos de las montañas produce efectos directos e indirectos.

Los *efectos directos* son:

- el uso del agua de los ríos y acuíferos mediante tomas de superficie y bombeo de agua subterránea repercute sobre la cantidad de agua;
- la contaminación de la fuente por la descarga en los ríos de aguas residuales afecta a la calidad del agua.

Como estos efectos pueden comprobarse, si es preciso y hay voluntad política pueden dictarse normas para controlar tanto el uso del agua como los desagües (lo que incluye el tratamiento del agua y el uso de ciertos productos químicos).

Los *efectos indirectos* son:

- el uso de la tierra que altera el ciclo y la cantidad del agua (por ejemplo, el caudal del río);
- la contaminación difusa (también llamada contaminación dispersa o zonal), que influye sobre la calidad del agua; en muchas partes del mundo es la causa principal de contaminación de ríos y aguas freáticas.

Los efectos indirectos son mucho más difíciles de identificar y cuantificar que los directos, por las complicadas interacciones de tierra, suelo y vegetación, y son por lo tanto más difíciles de combatir.

¿Qué efecto tiene el uso de la tierra sobre la disponibilidad de agua dulce?

Para evaluar los efectos del uso de la tierra en las montañas sobre los recursos hídricos es esencial comprender cómo los cambios y en particular la intensificación del uso de la tierra condicionan el ciclo del agua.

Si las precipitaciones son en cualquier momento superiores a la tasa de infiltración del suelo (su capacidad de absorber el agua), se produce la escorrentía de superficie. La escorrentía acelerada aumenta el riesgo de erosión, que reduce la fertilidad del suelo y su capacidad para almacenar agua. Puede reducirse así la cubierta vegetal y la productividad, empujando a la población a intensificar el uso de la tierra. La consecuencia es una degradación mayor de la vegetación y una nueva merma de la productividad. Se altera el ciclo del agua y se cae en un círculo vicioso de degradación (Liniger, 1995). Por sencillo que sea este principio, es difícil determinar qué tipo de uso de la tierra, con qué tipo de suelo, y en qué condiciones climáticas se inicia el círculo de degradación, y en qué punto se pierde para las generaciones futuras la capacidad de recuperación.

La vegetación natural se caracteriza en general por unas tasas elevadas de infiltración en comparación con otros tipos de cobertura del terreno con una base edafológica similar. Como en condiciones naturales suele haber varios niveles de vegetación, las capas superiores de los suelos están bien protegidas y estructuradas; todo cambio que se aparte de la vegetación natural para dar paso al uso forestal, plantaciones, pastizales o cultivos puede reducir la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo.

A menudo la sustitución de la cubierta forestal natural por otros tipos de vegetación y de uso de la tierra supone una

degradación de los recursos naturales. Las observaciones y los resultados de la investigación muestran que en los primeros años tras el cambio en el uso de la tierra, cuando se retira la capa vegetal y se remueve la capa superior, se producen una escorrentía y una erosión del suelo importantes. Sin embargo, según el nuevo uso que se dé a la tierra, después de los primeros años de transición los efectos negativos pueden reducirse con el establecimiento de mejores prácticas de gestión y la restauración de una buena cubierta vegetal (Hamilton, 1987). La cubierta adecuada del suelo, la gestión eficiente y las prácticas de conservación son importantes para el uso sostenible de los recursos. Por todo el mundo se han desarrollado en las montañas sistemas agrícolas que no destruyen los recursos naturales, con procedimientos bien adaptados localmente para el uso del agua y de la tierra.

Los cambios en el uso de la tierra y en la vegetación afectan no sólo a la escorrentía sino también a la evapotranspiración. Entre las tierras de cultivo, los pastizales y los bosques, son las primeras las que tienen menor nivel de evapotranspiración, y los bosques el más alto. A mayor evapotranspiración, menor es la reposición del agua freática y la contribución al caudal fluvial. No obstante, hay grandes diferencias según las especies de plantas y la intensidad de la producción.

Otra dificultad para evaluar el impacto del uso de la tierra sobre los recursos hídricos es el problema de la escala (Hamilton, 1987). Aunque a escala local pueden determinarse los efectos, el resultado de la acción del hombre en las grandes cuencas es difícil de precisar y parece resultar insignificante.

Efectos del uso de la tierra sobre la calidad del agua

Toda intensificación del uso de la tierra que sustituya los bosques naturales por

plantaciones o cultivos es probable que reduzca la calidad del agua. Aun cuando no se altere el ciclo del agua, el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas y otras sustancias puede contaminar el agua de ríos y arroyos. El atarquinamiento es también un problema cuando las tasas de erosión aumentan por la destrucción de la cubierta vegetal. Al aumentar la escorrentía, es probable que la contaminación difusa llegue a ser una amenaza grave para la calidad del agua. Mientras que en muchos casos la contaminación de fuente se ha reducido en los últimos años, la contaminación difusa ha aumentado y es una amenaza mucho más grave.

Clarificación del papel de los bosques de montaña

Durante generaciones se ha atribuido a los bosques el papel de proveedores y protectores de los recursos hídricos. Cuentos populares y mitos ilustran por todo el mundo la idea de que los bosques naturales ofrecen agua limpia y pura (Küchli, 1997). Sin embargo, sólo en pocos casos se ha documentado debidamente este hecho en comparación con otros usos de la tierra (como plantaciones forestales, pastizales o cultivos) en relación con el caudal fluvial, la reposición de las capas freáticas y la calidad del agua. Aunque es probable que un uso más intenso de la tierra repercuta negativamente sobre la calidad del agua, no hay datos suficientes para cuantificar este efecto. Además, los efectos sobre el ciclo del agua de la disponibilidad de agua, la erosión y la productividad del suelo siguen siendo dudosos en muchos casos. Los bosques de las montañas suelen ofrecer condiciones favorables para almacenar el exceso de agua de la lluvia, mientras que la escorrentía puede ser mayor en otros tipos de terreno y con otros usos de la tierra, como los cultivos que pueden compactar el suelo, o el pastoreo excesivo que también reduce la cubierta vegetal.

Aunque los suelos forestales retienen el agua, la evapotranspiración es también mayor en los bosques que en otros tipos de vegetación (Hamilton, 1987). Así pues, los bosques pueden consumir más agua y dejar menos para los ríos y la reposición de la capa freática que otros tipos de uso de la tierra. Lamentablemente, hay pocas investigaciones de la productividad forestal y los diferentes ti-

pos de uso del agua. Además, no está bien determinado el papel de los bosques naturales de las montañas en la captación de la precipitación adicional debida a la niebla (bosques nebulosos).

Los bosques han sido protegidos por el mito, apoyado en algunos hechos probados, de ser «buenos» para la humanidad. Es ya tiempo de aclarar las múltiples funciones de los bosques de montaña.

FIGURA 6
Los glaciares y los bosques naturales de Weisshorn son fuentes de agua de las montañas abundante y de buena calidad



FIGURA 7
Depósitos de agua de las montañas para la humanidad



Entre éstas están el suministro de agua limpia y suficiente (Figura 6) y de productos forestales, el mantenimiento de la biodiversidad y la protección contra peligros naturales como aludes, corrimientos de tierras y desprendimientos de rocas, así como la influencia sobre el clima.

CONCLUSIONES

Las montañas tienen una importancia determinante para el suministro de agua para el consumo y la producción de alimentos y energía y para la industria. El agua de los manantiales de montaña alimenta también unos ecosistemas privilegiados y la biodiversidad tanto de los montes como de los valles.

Las regiones montañosas están actualmente amenazadas por la deforestación, la agricultura y el turismo, así como por la creciente demanda de sus recursos en los valles densamente poblados (Figura 7). A menudo son zonas marginales para ser habitadas por el hombre, por las dificultades derivadas de las fuertes pendientes, la pobreza de los suelos, las temperaturas frías y la inaccesibilidad. Los valles próximos suelen ser más favorables para los asentamientos, la agricultura y la industria, pero dependen de los recursos hídricos de las montañas.

La vigilancia de los recursos naturales y de su uso y la evaluación de los efectos causados por los cambios en el uso de las tierras altas sobre la disponibilidad y la calidad del agua en los valles son las primeras medidas que se precisan para una buena ordenación. Mientras que los efectos de las alteraciones en el uso de la tierra sobre la escorrentía y la erosión pueden cuantificarse claramente en parcelas experimentales y pequeñas captaciones, los efectos sobre la hidrología necesitan una investigación más detenida (Liniger y Gichuki, 1994). Se podrán así comprender y determinar mejor los límites o umbrales esenciales para el uso de la tierra y su intensificación.

Se necesita a nivel local, nacional e internacional una gestión integrada de los recursos que abarque tanto las montañas como las tierras bajas, así como una mejor cooperación entre investigadores, planificadores, administradores y usuarios en todos los niveles. Hay que evaluar los efectos de las futuras actividades humanas en las cuencas altas sobre la disponibilidad de recursos aguas abajo, para poder introducir políticas mutuamente beneficiosas. Sólo la gestión integrada de las cuencas fluviales puede asegurar el uso eficiente, la distribución equitativa y la administración y regulación efectivas del agua de las montañas en beneficio de toda la humanidad. ♦



Bibliografía

- Bisaz, A., Escher, F., Grosjean, M., Ives, J.D., Messerli, B. y Price, M.F.** 1997. *Mountains of the world: challenges for the twenty-first century. A contribution to Chapter 13, Agenda 21*. Mountain Agenda. Berna, Paul Haupt.
- Bosch, J.M. y Hewlett, J.D.** 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrology*, 55: 3-23.
- Burger, H.** 1954. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer – der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1944/45 bis 1953/54. *Mitt. EAFV* [Birmensdorf], 31, 2: 493-555.
- Hamilton, L.S.** 1987. What are the impacts of Himalayan deforestation on the Ganges-Brahmaputra lowlands and the delta? Assumptions and facts. *Mountain Research and Development*, 7: 3.
- Hofer, T.** 1998. Floods in Bangladesh: a highland-lowland interaction? *Geographica Bernensia* [Berna], G48.
- Hofer, T. y Messerli, B.** 1997. Floods in Bangladesh. Process understanding and development strategies. A synthesis prepared for SDC, Institute of Geography, Universidad de Berna, Suiza.
- Keller, H.** 1992. Hydrologie und Waldwirkung - Forest Diseases and Hydrological Processes. *Dtsch. Gewässerkd. Mitt.* [Koblenz], 5/6: 169-171.
- Klemes, V.** 1988. Foreword. En L. Molnar, ed. *Hydrology of mountainous areas*. IAHS Publication No. 90.
- Küchli, Ch.** 1997. *Forests of hope, stories of regeneration*. Londres, Earthscan.
- Liniger, H.P.** 1995. *Endangered water – a global overview of degradation, conflicts and strategies for improvement*. Development and Environmental Reports No. 12. Centre for Development and Environment. Berna, Lang Druck AG.
- Liniger, H.P. y Gichuki, F.N.** 1994. Simulation models as management tools for sustainable use of natural resources from the top of Mount Kenya to the semi-arid lowlands. Laikipia Mount Kenya Papers D-19, Nanyuki, Nairobi.
- Liniger, H.P., Weingartner, R., Grosjean, M., Kull, C., MacMillan, L., Messerli, B., Bisaz, A. y Lutz, U.** 1998. *Mountains of the world: water towers for the twenty-first century. A contribution to global freshwater management*. Mountain Agenda. Berna, Paul Haupt.
- Messerli, B. y Ives, J.D.**, eds. 1997. *Mountains of the world: a global priority*. Nueva York, Estados Unidos y Carnforth, Reino Unido, Parthenon Publishing Group y Tokio, United Nations University.
- Njeru, L. y Liniger, H.P.** 1994. The influence of vegetation on the water resources of the Naro Moru catchment – a water balance approach. Discussion Paper No. D-17. Nairobi, Laikipia Research Programme.
- Rodda, J.C.** 1994. Mountains – a hydrological paradox or paradise? *Beiträge zur Hydrologie der Schweiz* [Berna y Birmensdorf], 35: 41-51. ♦