



**Bruno Messerli, Marcel Droz, Peter Germann,**



# *Las* **montañas** *torres de* **agua**

*del mundo*

La mayoría de los ríos de nuestro planeta se origina en las regiones montañosas. Las montañas y los altiplanos proveen a las llanuras de agua para irrigación, producción de alimentos, industrias y a una población urbana creciente. Es por ello que algunos especialistas se refieren a las montañas como “torres de agua”. Por su función vital es necesario conocer más acerca de los recursos hídricos que se generan en las montañas de distintas zonas climáticas. Los datos que poseemos actualmente son muy limitados; mundialmente sólo contamos con pocas series de mediciones cuyos periodos de cobertura además son extremadamente cortos. Por ello los datos son insuficientes y no dan cuenta de la alta heterogeneidad espacial y temporal que se observa en las condiciones de descarga. Aunado a estas limitantes, en regiones donde el agua es escasa la información acerca de ésta tiene un valor estratégico, por lo que frecuentemente se mantiene en secreto, lo cual dificulta la realización de estudios científicos e imposibilita la resolución de conflictos en torno a los recursos hídricos.

Daniel Viviroli, Rolf Weingartner, Stefan Wunderle



Aunque se conoce la función de las montañas como proveedoras de agua, hasta ahora no se ha cuantificado la importancia de la descarga de agua proveniente de éstas con respecto al total de agua de una cuenca. Un estudio publicado recientemente por M. Meybeck estima que la descarga hídrica proveniente de las montañas contribuye con 32% de la descarga total, mientras que otros estudios dan cifras de entre 40% y 60%. En algunas regiones el agua que proviene de las montañas puede significar hasta 95% de los recursos hídricos de una cuenca.

#### El paradigma de la hidrología del bosque

La nieve es una característica importante de regiones montañosas como los Alpes, los Himalaya, los Andes y otras cordilleras. Dependiendo de la latitud, las mayores altitudes están cubiertas de nieve durante varios meses del año. El albedo producido por la nieve influye de manera importante en el clima local. Por otro lado, la cobertura de

nieve es un factor importante para algunas actividades humanas como la producción de energía y el turismo de invierno. Además, en algunas regiones del mundo el deshielo llega a ser el componente predominante en la descarga de los ríos en las llanuras.

Dependiendo de la presencia y el tipo de vegetación, la descarga que se produce al fundirse la nieve puede inmediatamente convertirse en parte del torrente de un río o puede retenerse y quedar disponible para las plantas. De este modo, dependiendo de la cobertura vegetal y del sistema de uso del suelo, los picos de escurrimiento se pueden controlar. La habilidad de los bosques para retener el agua es una verdad aceptada desde hace varios años y se conoce como el paradigma hidrológico del bosque. Este paradigma establece que los bosques tienen la habilidad de reducir los picos de escurrimiento, sobre todo en regiones donde las pendientes son muy empinadas, y de regular el flujo de los arroyos y manantiales. Sin embargo, a la luz de nuevos estudios acerca de la hidrología de las

montañas en distintas zonas climáticas y con diversos usos de suelo, resulta pertinente preguntarse si es posible generalizar y si este paradigma funciona para todas las cuencas montañosas del mundo.

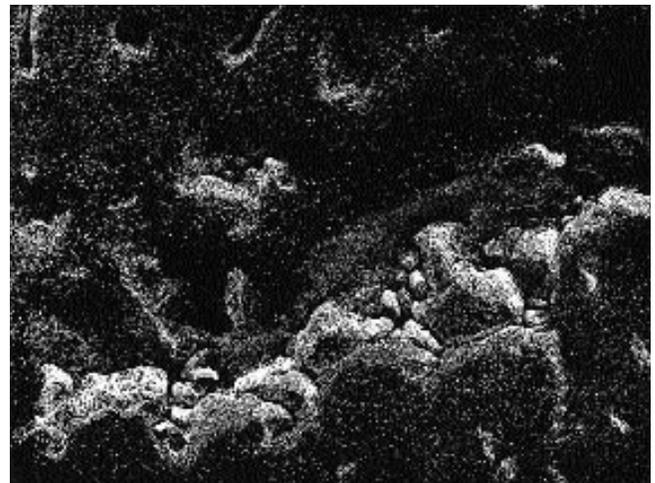
Ch. Pfister y D. Brändli encontraron que este paradigma tiene su origen a finales del siglo XVIII en los Pirineos, y se generalizó a principios del siglo XIX en los Alpes. Peter Germann y Rolf Weingartner estudiaron el surgimiento de este paradigma y encontraron que establece que al interior de las regiones boscosas los agricultores utilizan los mejores suelos disponibles para la agricultura, tomando en cuenta algunos factores como accesibilidad, facilidad de uso, contenido en rocas, pendientes, exposición, características de los suelos y riesgo de erosión, entre otros. Así, los bosques se conservan primordialmente en regiones poco aptas para la agricultura, por lo que la calidad agrícola de los bosques es el reflejo de la presión económica sobre las tierras agrícolas, siempre y cuando el uso de los bosques no esté restringido. Una fuerte demanda de productos agrícolas produce la expansión de los sembradíos en detrimento de los bosques, así como la disminución en la demanda de productos agrícolas permite la expansión de las áreas boscosas. Es decir que el bosque compite con la agricultura.

En el caso de los Alpes las autoridades forestales desarrollaron a lo largo del tiempo una visión multifuncional del bosque, argumentando que cuando están bien manejados no sólo proveen bienes comerciales, sino que también ofrecen protección ante las catástrofes naturales, puesto que son un medio efectivo de protección contra derrumbes y deslizamientos, la erosión y las avalanchas de rocas y nieve. Reconociendo estos factores, a finales del

siglo XIX las autoridades forestales exigieron el desarrollo de bosques multifuncionales. Además, en 1902, y siguiendo las demandas de las autoridades mencionadas, los legisladores trabajaron por la protección estricta y la expansión progresiva de las áreas boscosas al interior de Suiza. El argumento en favor de estas medidas provenía del paradigma hidrológico del bosque después de que se registró una serie de inundaciones catastróficas.

La liberalización y el desarrollo tecnológico en el siglo XIX abrieron los mercados y las economías de los estados. De particular importancia para Suiza, la producción de queso dejó de estar restringida a las regiones alpinas y se desarrolló en las llanuras, lo que tuvo un impacto negativo en la economía de las altiplanicies. Ante una competencia feroz en el mercado de su principal fuente de ingresos, los agricultores de las montañas empezaron a expandir los terrenos de pastoreo, a fertilizar sus campos con materia orgánica y a incrementar la venta de madera a las industrias nacientes en las partes más bajas; todo esto en detrimento de las zonas boscosas. Las autoridades forestales se vieron en la necesidad de buscar argumentos contundentes para proteger de la explotación exhaustiva a los bosques de las regiones montañosas.

Si bien las avalanchas y el arrastre de material afectaban a las poblaciones empobrecidas de las montañas, responsables del diezmo de los bosques, las inundaciones afectaban a una población mucho más numerosa que habitaba en las llanuras y que controlaba la economía suiza. A finales del siglo XIX y principios del XX el paradigma hidrológico de los bosques sirvió para apoyar una legislación federal en torno a la conservación de los bosques que incluía un sistema de subsidios para su promoción. Las refo-



restaciones subsidiadas que fueron promovidas por el gobierno encontraron resistencia en muchas regiones de los Alpes porque implicaban una pérdida de espacios de pastoreo. Incluso en los años sesentas se utilizó este paradigma para justificar ciertos proyectos de reforestación y para mejorar el uso de los bosques en Suiza, mientras que en otros países que no buscaban aumentar las áreas forestales sirvió para regular el manejo de éstas.

Esta misma legislación federal estimuló programas de investigación para fundamentar con datos científicos el paradigma hidrológico del bosque. En 1903 Engler inició las primeras mediciones comparativas de la precipitación y de las escorrentías en dos pequeñas cuencas: Spelgraben, de 55 hectáreas, con 97% de cobertura forestal y altitudes entre 912 y 1 204 metros sobre el nivel del mar; y Rappengraben, con una extensión de 69.7 hectáreas, 35% de cobertura forestal y el resto del terreno utilizado como pastizales, en altitudes de 983 a 1 261 metros sobre el nivel del mar.

No es de extrañarse que las autoridades forestales generalizaran los resultados del paradigma hidrológico del bosque a partir de los primeros estudios. Sin embargo, a pesar de la fama que adquirieron estos trabajos los científicos involucrados mantuvieron cierto escepticismo. Del mismo modo, en 1922 Burger comparó en Alemania la capacidad de infiltración y de aereación de suelos boscosos con pastizales y suelos agrícolas. Nuevamente los resultados de los bosques ganaron en favor del paradigma, pero las investigaciones no mostraron ninguna mejora significativa en las propiedades hidrológicas del suelo



plantado desde hacía cuarenta años con el pino noruego *Picea abies*.

El paradigma hidrológico del bosque ha sido ampliamente criticado en los países en vías de desarrollo con regiones montañosas que tienen un uso intensivo, pues la experiencia al respecto muestra que una buena cobertura del suelo y un uso cuidadoso, como las terrazas en los Himalaya y en otros sistemas montañosos en zonas tropicales y subtropicales, tienen un efecto protector igual o mejor que el de los bosques. Especialmente en climas como el monzón, donde caen grandes e intensas precipitaciones, los movimientos masivos de suelo ocurren independientemente de la cobertura forestal.

L. Hamilton ha sido el primero en indicar que el término “deforestación” se emplea de forma tan ambigua que carece de sentido para describir un cambio en el uso de suelo. Por ello debería sustituirse por términos más precisos, menos cargados de emociones y más aptos para áreas específicas. Por ejemplo, el término bosque se podría remplazar por una descripción acerca de su uso; madera para combustible, maderas comerciales, cultivos de rotación, agroforestería, cultivos anuales con o sin terrazas, pastura, plantación forestal. Todas estas intervenciones y usos de suelo tienen efectos distintos en el ciclo del agua; es por ello que deberíamos ser más cuidadosos antes de culpar a los agricultores por las inundaciones en las planicies del Ganges y Brahmaputra. Un argumento de esta naturaleza forma parte de los mitos y malentendidos responsables de tensiones políticas y no es aceptable desde el punto de vista científico.

Si bien el paradigma hidrológico del que hablamos ha servido para preservar los bosques en los Alpes, hoy en

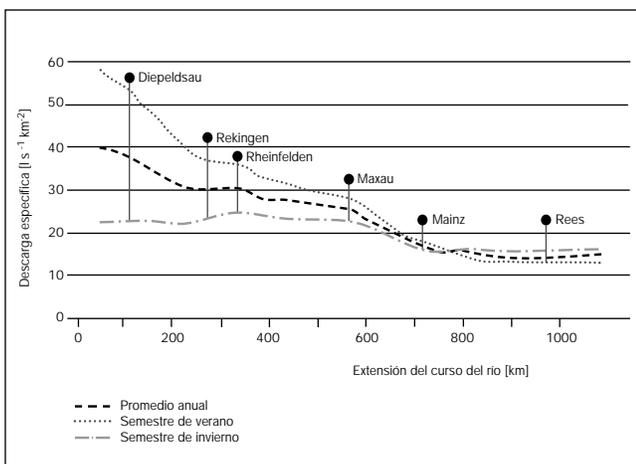
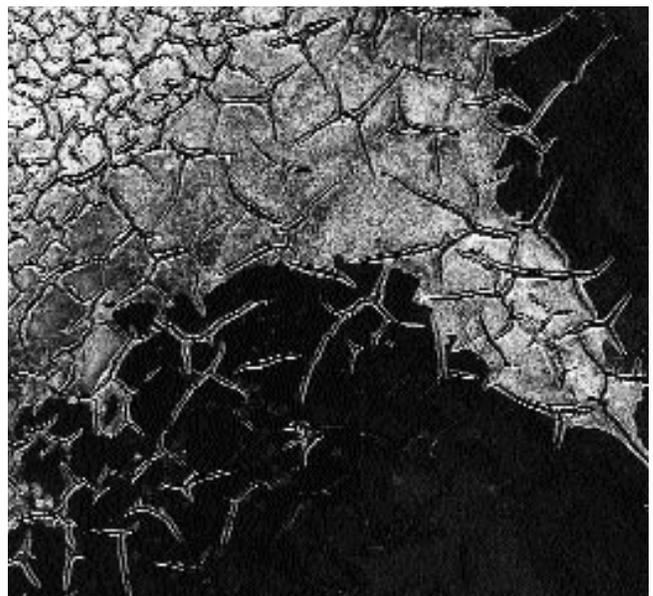


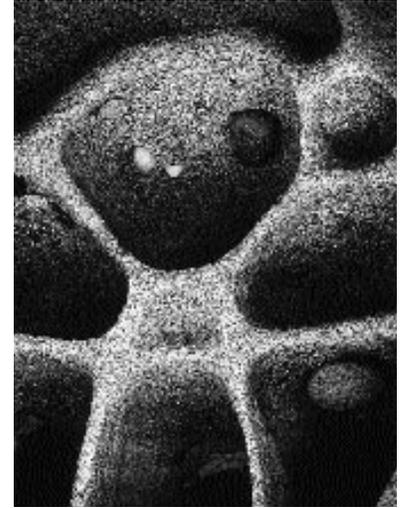
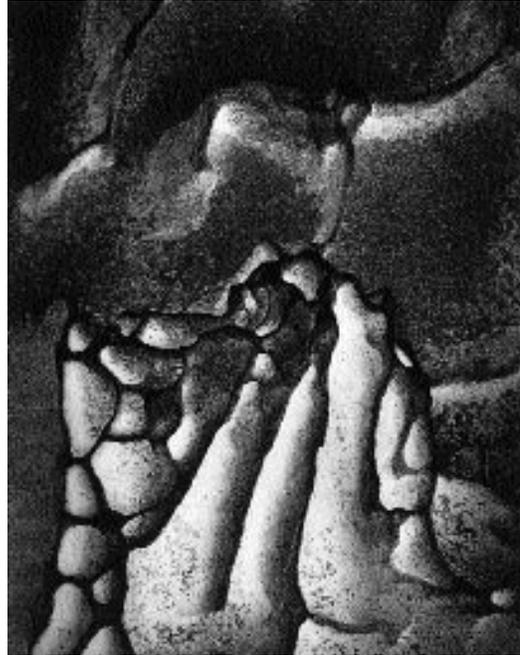
Figura 1 Descargas específicas a lo largo del curso del río Rin.

día necesitamos estudios específicos para desarrollar una política forestal adecuada, especialmente en países en vías de desarrollo. Como lo ha mostrado B. R. Upreti en un estudio realizado en Nepal, el manejo forestal comunitario tiene muchas ventajas sobre el manejo de bosques que pertenecen a una agencia regional o estatal. Sin embargo, él mismo encontró que uno de los requisitos para ello es que la comunidad esté bien informada, para que sea capaz de tomar decisiones, como privilegiar la producción de combustible en vez de producción de madera, o evaluar y manejar adecuadamente las propiedades protectoras del bosque. El estudio concluye que el manejo y la propiedad comunales de los bosques pueden mitigar la fuerte oposición que a veces surge entre las comunidades locales y las demandas centralizadas de las agencias gubernamentales. Un manejo de este tipo no sólo transfiere el poder del gobierno a las comunidades, sino también la responsabilidad y el conocimiento. Además, una comunidad preocupada por su bosque funcionará como su protector más eficaz. La experiencia de Upreti hubiera constituido un precedente muy importante para los proyectos de reforestación de las primeras tres décadas del siglo xx en Suiza, que se implementaron en contra de la voluntad de los dueños de las tierras.

#### De lo local a lo global

Los Alpes pueden servir de región modelo para estudiar la hidrología de las montañas puesto que se cuenta con suficiente información confiable y detallada. Ahí se ha podido observar que el río Rin muestra una clara diferencia en los patrones de descarga a lo largo de su curso: mientras que en la parte superior la mayoría del agua que lo alimenta proviene del deshielo, en las partes bajas proviene de la lluvia. En un año promedio la descarga en la parte suiza del Rin, que es principalmente montañosa, contribuye con 45% del total, aunque el área de la cuenca que se encuentra al interior del territorio suizo representa sólo 22% de éste. En los meses de verano, al fundirse la precipitación acumulada en forma de nieve durante el invierno, la contribución de la descarga de la sección suiza rebasa 60%. El papel preponderante de la región superior de los Alpes al interior de la cuenca se puede determinar comparando las descargas específicas (figura 1). En algunas ocasiones la contribución de los Alpes puede alcanzar cifras muy altas, como en julio de 1976, mes excepcionalmente seco, cuando la cantidad de agua de los





Alpes, medida en Rheinfelden, representó casi 93% de la descarga total reportada en la estación holandesa de Lobith. Como lo ha mostrado D. Viviroli, al analizar los datos de descarga es posible obtener una visión de conjunto del carácter hidrológico de una cuenca y diferenciar entre las secciones montañosas y las llanuras. Así, es posible transferir el conocimiento generado acerca de las hidrología de los Alpes al estudio de otras regiones montañosas. Sin embargo, para poder determinar con precisión el papel hidrológico de las montañas a nivel global hace falta contar con más información detallada sobre otras regiones montañosas.

A partir del conocimiento generado por el estudio de la hidrología de los Alpes se trató de determinar la importancia hidrológica de las montañas por medio de los datos de descarga de veinte estaciones del Centro global de escurrimientos. Los patrones de descarga media mensual, los cambios en la descarga específica con un aumento en la cuenca y la variación de la descarga media mensual resultaron ser parámetros muy útiles para la determinación del significado hidrológico de las regiones montañosas. Se seleccionaron más de veinte ríos en varias partes del mundo con base en criterios topográficos y climáticos, además de la disponibilidad de datos. El objetivo de la selección de los distintos sitios era cubrir un amplio rango de zonas climáticas e incluir las cadenas montañosas más importantes. Se dejó de lado el área tropical con los ríos

Amazonas y Congo porque en ambos casos las lluvias tropicales dominan por completo la hidrografía y rebasan la importancia de las montañas. Del mismo modo, las regiones polares y subpolares no dependen de los recursos hídricos de las montañas, sino del deshielo, especialmente en las grandes planicies del Norte. Las dificultades más grandes para este estudio resultaron ser la ausencia de información accesible, representativa y confiable, y que las estaciones de medición estuvieran convenientemente distribuidas a lo largo del curso de los ríos. La interrelación de la descarga del altiplano y de las llanuras se examinó a través del establecimiento de estaciones a una altitud mayor a 1 000 metros sobre el nivel del mar, que sirvieron como “estaciones de montaña”, y otras establecidas cerca de la boca de los ríos, que se usaron como “estaciones de llanura”. Se tuvo cuidado en verificar que las estaciones de montaña estuvieran localizadas en una zona con relieve montañoso para excluir que hubiera planicies en altitudes mayores. Con el fin de incorporar los datos de descarga en su contexto climático se tomaron en cuenta la precipitación regional y las condiciones de temperatura.

La hidrología de las áreas montañosas se caracteriza por una descarga desproporcionadamente grande, usualmente del doble de la cantidad que se esperaría en proporción al área de la sección montañosa. En áreas húmedas se observan descargas de 20 a 50% de la descarga total, mientras que en áreas semiáridas o áridas la contri-

bución de las montañas al total de la descarga llega a ser de 50 a 90%, con extremos de hasta más de 95%. Una de las características de la descarga de las regiones montañosas es que se mantiene muy constante año tras año, lo que resulta en una reducción en el coeficiente de variación de la descarga total. Por último, otra de las características de este tipo de sistemas es el efecto de retención de la nieve y de los glaciares, en el cual la precipitación invernal se transforma en escorrentías de primavera y verano esenciales para la vegetación de las llanuras.

Como lo ha mostrado M. Spreafico, la cuenca del Aral es un ejemplo instructivo al respecto. En las altas montañas de Tien Shan y Pamir la precipitación anual varía entre 600 y 2 000 mm, de la cual 30% cae como nieve. En la llanura el desierto cubre casi toda la cuenca, que se caracteriza por una lluvia escasa —menos de 100 mm al año— y una tasa de evaporación alta. Durante el verano los dos ríos principales, Amu Daria y Syr Daria, aumentan su caudal gracias al deshielo. Si tomamos en cuenta que las montañas proveen más de 95% del total de agua de la cuenca, entonces entendemos la importancia de la nieve procedente de las montañas para la hidrología de las llanuras desérticas. Estas zonas áridas y semiáridas, que son muy vulnerables puesto que pueden sufrir de escasez de agua en un futuro próximo, representan más de 40% de la superficie de la Tierra y concentran a más de la mitad de



la población humana, que vive principalmente en países en vías de desarrollo.

Estos y otros datos han sido cuantificados y se usaron para determinar la importancia hidrológica de las regiones montañosas (figuras 2 y 3). El estudio revela que las mayores “torres de agua” del mundo se encuentran en regiones áridas y semiáridas. Entre más áridas son las llanuras mayor es la importancia de las zonas montañosas más húmedas.

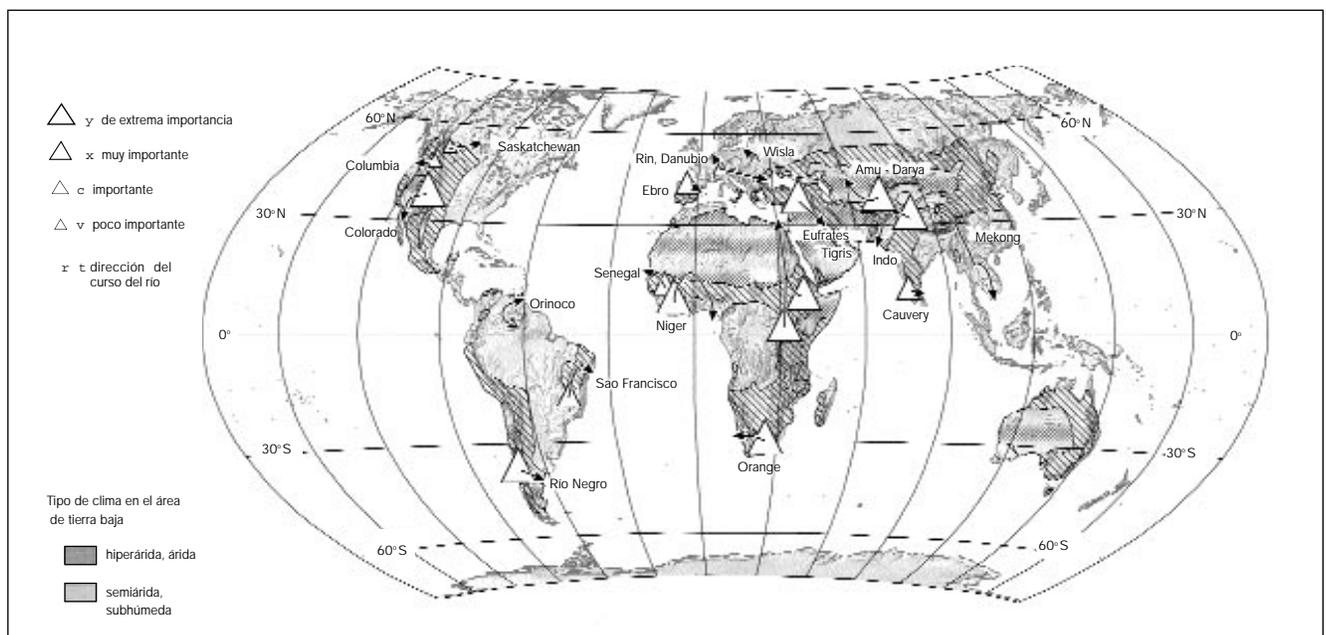


Figura 2 Importancia hidrológica de las cadenas montañosas.

## Una problemática compleja

Hoy en día los científicos empiezan a mostrar que algunas de las ideas acerca de las propiedades atribuidas a los bosques, como la regulación del flujo de los ríos, la reducción de la erosión y de las inundaciones, el incremento de las lluvias y del flujo de agua, la esterilización de sus fuentes y el mejoramiento de su calidad, en realidad son simplificaciones o prejuicios. En selvas secas, por ejemplo, algunas investigaciones recientes muestran una relación más compleja entre el bosque y el agua. En la medida que la escasez de agua aumenta, es preciso que la retención de agua que tiene lugar en los bosques, mayor a la de otros cultivos, sea evaluada en relación con la producción de madera o los beneficios de la conservación, recreación y beneficios ambientales. Esto muestra que el paradigma hidrológico del bosque nacido en las montañas europeas en los siglos XVIII y XIX tiene que revisarse y no puede ser transferido sin cambios a las regiones montañosas tropicales y subtropicales.

Los recursos hídricos dependen también de los cambios climáticos. Las variaciones en la precipitación, en los patrones de cobertura de nieve y en la retención de agua en forma de glaciares probablemente afectan los tiempos, la cantidad y la variabilidad de la descarga de regiones dominadas por montañas. Y también lo harán las características de las escorrentías en las llanuras. Es necesario precisar que los datos generados hasta ahora acerca de la influencia del cambio climático en la descarga tienen muchas limitantes, ya que en los pronósticos de los climas



regionales hay incertidumbres y los modelos de circulación global usan escalas demasiado pequeñas. Además la información que generan no es fácil de transformar para escalas locales. Las cuencas dominadas por el agua de nieve son muy sensibles a los cambios climáticos, por ello estos sistemas se verán más afectados por las variaciones en los patrones de descarga. Aparte de la incertidumbre en torno a los posibles escenarios del cambio climático, la investigación acerca de los recursos hídricos de las montañas se ve limitada por los problemas que se encuentran cuando se aplican modelos hidrológicos a áreas cubiertas de nieve y de mayores altitudes, sin importar la escala, meso o global, de la metodología.

Por si acaso el cambio climático fuera poco, el crecimiento demográfico en las llanuras de ciertas áreas críticas acentúa la presión sobre los recursos hídricos de las montañas. Esta presión tiende a alentar la construcción de obras de ingeniería en áreas montañosas, como presas, canales y transferencia de agua para irrigación y generación de energía. Un ejemplo ilustrativo es el reporte reciente acerca del River Link Mega Project en India, elaborado por B. Imhasly. Mientras que 97% del agua del Brahmaputra fluye al Golfo de Bengala sin ser utilizada, la falta de agua es un problema en el subcontinente indio. La idea es unir 37 sistemas de ríos, construir 32 presas y 9 600 kilómetros de canales, bombear el agua al Deccan, producir energía hidroeléctrica, incrementar la producción de alimentos y conectar el sur de la India con los ríos de los Himalaya. Sin hablar de los problemas financieros, políticos, ambientales y la solución potencial de conflictos, este mega proyecto muestra la importancia hidrológica de los Himalaya como torres de agua para toda la India.

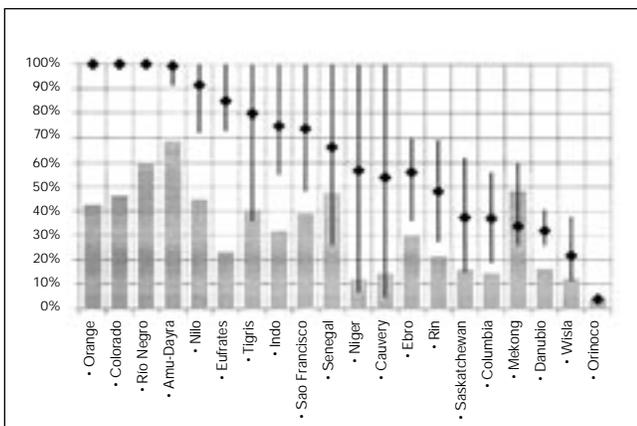


Figura 3

Contribución media anual de las áreas montañosas al total de descarga y proporción del área de montaña con respecto al área de la cuenca. Las líneas verticales denotan la contribución mensual mínima y máxima a la descarga total.

De acuerdo con los indicadores de desarrollo del Banco Mundial, 65 países usan 75% del total de agua disponible para agricultura, es decir, en la producción de alimentos. Estos países incluyen Egipto, India y China, que dependen bastante de la descarga de las montañas, lo que significa que son dependientes de uno de los ecosistemas más sensibles a los cambios climáticos.

Las cabeceras son la principal fuente de agua para los sistemas ribereños, y son importantes reservas de biodiversidad y hábitats especiales. Estos ambientes, típicamente localizados en las partes más altas y remotas de las cuencas, se asocian frecuentemente con paisajes montañosos, actividad humana de baja intensidad y aislamiento de los centros urbanos.

Sin embargo, hoy en día muchas cabeceras se encuentran en medio de importantes centros de actividad, agricultura, explotaciones forestales, minería, turismo y gene-

ración de electricidad, lo que pone en riesgo la productividad y pureza del agua. El riesgo es especialmente grande, puesto que los daños causados por los cambios en la calidad del agua pueden afectar las regiones que se encuentran río abajo, el régimen hidrológico y los recursos naturales, lo cual exacerbaría los problemas de estrés social y acabaría con el precario equilibrio de ciertas formas de vida.

A pesar de que a nivel mundial los recursos hídricos son suficientes, en el futuro se espera un aumento notable en la escasez de agua a nivel local y regional. Como torres de agua, las montañas tienen una importancia fundamental para la producción de alimentos y el abastecimiento de agua potable, así como para la generación de energía y las industrias. La creciente demanda de ellos hará que los recursos hídricos de las montañas jueguen un papel predominante en el siglo XXI. 

**Bruno Messerli, Marcel Droz,  
Peter Germann, Daniel Viviroli,  
Rolf Weingartner, Stefan Wunderle**  
Instituto de Geografía  
Universidad de Berna, Suiza.

TRADUCCIÓN  
Nina Hinke

#### AGRADECIMIENTOS

A la UNESCO por la organización del un simposio "Montañas, torres de agua para el siglo XXI", en el marco del tercer foro mundial del agua de Kyoto. Asimismo, el apoyo de la Agencia Suiza para la Cooperación y Desarrollo para nuestra presentación. Una versión de este artículo fue publicada por la División de Ciencias del agua de la UNESCO, París.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DeWalle, D. R. 2003. "Forest hydrology revisited", en *Hydrological Processes*, núm. 17, pp. 1255-1256.

Falkenmark, M. y C. Widstrand. 1992. "Population and water resources-a delicate balance", en *Population Bulletin*, vol. 47, núm. 3, pp. 2-36.

Germann, P. y R. Weingartner. 2003. "Das forsthydrologische Paradigma", en F. Jeanneret, D. Wastl-Walter, U. Wiesmann, y M. Schwyn, eds., *Welt der Alpen-Gebirge der Welt*. Verlag Haupt, Berna.

Global Runoff Data Centre. 1999. *Global runoff data*. D-56068 Koblenz, Alemania. <http://www.bafg.de/grdc.htm>

Hamilton, L. S. 1987. "What are the impacts of Himalayan deforestation on the Ganges-Brahmaputra

lowlands and delta? Assumptions and facts", en *Mountain Research and Development*, vol. 7, núm. 3, pp. 256-263.

Ives, J. D., B. Messerli y B. Spiess. 1997. "Introduction", en B. Messerli y J. D. Ives, eds., *Mountains of the World: A Global Priority*, Parthenon, Nueva York.

Ives, J. D. y B. Messerli. 1989. *The Himalayan Dilemma. Reconciling development and conservation*. Naciones Unidas y Routledge, Londres.

Kapos, V., J. Rhind, M. Edwards y M. F. Price. 2000. "Developing a map of the world's mountain forests", en M. Price y N. Butt, eds., *Forests in sustainable mountain development. A state-of-knowledge report for 2000*. CAB International, Wallingford.

Liniger, H. P., R. Weingartner y M. Grosjean. 1998. *Mountains of the World: Water Towers for the 21st Century-A Contribution to Global Freshwater Management*. Mountain Agenda, Berna.

Meybeck, M., P. Green y C. J. Vorösmarty. 2001. "A new typology for mountains and other relief classes: an application to global continental water resources and population distribution", en *Mountain Research and Development*, vol. 21, núm. 1, pp. 34-45.

Nijssen, B., O'Donnell G. M., A. F. Hamlet y D. P. Lettenmaier. 2001. "Hydrologic sensitivity of global rivers to climate change", en *Climatic Change*, vol. 50, núm. 1-2, pp. 143-175.

Pfister, Ch. y D. Brändli. 1999. "Rodungen im Gebirge-Überschwemmungen im Vorland: Ein Deutungsmuster macht Karriere", en R. P. Sieferle y H. Breuninger, eds., *Natur-Bilder-Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte*. Campus-Verlag, Frankfurt.

Spreafico, M. 1997. "Without mountains there is no life in the Aral basin", en B. Messerli y J. D. Ives, eds., *Mountains of the World*. Parthenon, Londres.

UNESCO-wwap. 2003. *Water for people, Water for*

*life*. The United Nations World Water Report. UNESCO Publishing y Berghahn Books.

Upreti, B. R. 2003. "Institutional context of Community Forestry and public perception on the forest water relationships in Nepal", en A. Sommer y A. Kläy, eds., *Multifunktionale Waldwirtschaft und Nachhaltiges Wassermanagement in der Entwicklungs-zusammenarbeit. Proceedings of an International Workshop*, Berna.

Viviroli, D. y R. Weingartner. 2002. "The significance of mountains as sources of the world's fresh water", en *GAIA*, vol. 11, núm. 3, pp. 182-186.

Viviroli, D., R. Weingartner y B. Messerli. 2003. "Assessing the hydrological significance of the world's mountains", en *Mountain Research and Development*, vol. 23, núm. 1, pp. 32-40.

Vorösmarty, C. J., P. Green, J. Salisbury y R. B. Lammers. 2000. "Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth", en *Science*, núm. 289, pp. 284-288.

#### IMÁGENES

Pp. 4 y 5: Michael Calderwood, Lagunas del sol y de la luna en el cráter del Nevado de Toluca, ca. 1985. P. 6: Yann Arthus-Bertrand, Rio La Leona en la región de Santa Cruz, Argentina, ca. 1990. P. 7: Y. Arthus-Bertrand, Volcán Kronotskaya en Kamchatka, Rusia; Wynn Bullock, sin título, 1970. P. 8: Y. Arthus-Bertrand, Depósitos de sal en las orillas de un lago en el Parque Nacional de Kakadu, Namibia, ca. 1990. P. 9: W. Bullock, *Tree Trunk*, 1971; Y. Arthus-Bertrand, Fango agrietado en Camarga, Francia, ca. 1990. P. 10: W. Bullock, *Pebble Beach*, 1970; *Rock*, 1971; *Pebble Beach Fantasy*, 1970. P. 11: M. Calderwood, Delta del Rio Colorado, ca. 1985. P. 12: W. Bullock, sin título, 1970. P. 13: M. Calderwood, Ciénagas de Guerrero Negro, ca. 1985.