UNESCO

El Correo

ENERO 1985 - 7 francos franceses (España: 175 pesetas)



El agua, esa maravilla

Mensaje a los jóvenes del mundo

EN 1979 la Asamblea General de las Naciones Unidas designaba 1985 como Año Internacional de la Juventud.

Este año de 1985 que ahora se inicia, consagrado a la participación, al desarrollo y a la paz, tiene por meta primordial despertar y aguzar el interés de la opinión pública mundial por la situación, las necesidades y las aspiraciones de los jóvenes. Pretende también incrementar la cooperación para resolver los problemas relativos a la juventud y poner en práctica programas de actividades coordinadas en su favor, a la par que asociar a los jóvenes al examen y a la solución de los problemas del desarrollo social, económico y cultural y de la paz mundial.

La Conferencia General de la Unesco decidió en 1983 que la Organización participara en las medida de sus posibilidades en la celebración del Año Internacional de la Juventud. Ocurre que, en efecto, los jóvenes representan una parte considerable, y cada vez mayor, de la población mundial; de ahí que les afecten plenamente todos los problemas que conciernen al presente y al futuro de la humanidad. Ninguno de los interrogantes con que nuestra época se enfrenta pueden tener respuesta sin la activa participación de la juventud.

Los jóvenes representan el 45 por ciento de la población mundial, y su número no cesa de aumentar en valores absolutos. Se calcula que los comprendidos entre 15 y 25 años, que en 1975 eran 730 millones, serán 1.180 millones en el año 2000, lo que representa un incremento del 60 por ciento en 25 años.

El lugar que ocupan y el peso que ejercen los jóvenes en la vida nacional varían de un país a otro, pero en gran número de casos coinciden en compartir preocupaciones, temores y aspiraciones comunes.

Son muchos los países, en efecto, donde la juventud se halla particularmente expuesta a la incidencia de problemas tales como el desempleo, el hambre, la delincuencia, los estupefacientes, la violencia y el racismo, todos los cuales echan sus raíces en las tensiones y las incertidumbres del presente. Pero a la juventud la caracterizan también la imaginación, el entusiasmo y el valor, cualidades que pueden contribuir a la realización de los cambios necesarios, y ello porque se halla enclavada en el cruce necesario entre la continuidad y el cambio, entre la tradición y el progreso.

Mas para ello es menester que los distintos grupos de jóvenes tengan la posibilidad de participar con plenitud en todos los aspectos de la vida económica, política, educativa, cultural y científica de la sociedad en la que viven, de ejercer en ella libremente las cualidades que les son peculiares.

Contribuir a ello es lo que intenta la Unesco, para la cual la acción en favor de los jóvenes se sitúa en el centro mismo de todos sus programas, en particular de los de educación y de formación.

Los esfuerzos de la Organización en este punto giran en torno a tres objetivos principales: impulsar las investigaciones sobre la juventud en las distintas regiones del mundo; fomentar la difusión y el intercambio de información sobre los jóvenes y con destino a ellos; y contribuir a la elaboración de políticas y a la realización de programas encaminados a suscitar la participación de los jóvenes en todos los aspectos de la vida de cada sociedad.

En los próximos meses *El Correo de la Unesco* publicará un número dedicado a la juventud que abordará ampliamente todas estas cuestiones y que dará la palabra a numerosos jóvenes para que ellos nos hablen de sus éxitos de hoy y de sus esperanzas para mañana.

A.-M. M'Bow

Amadou-Mahtar M'Bow
Director General de la Unesco

UNESCO
El Correo
Una ventana abierta al mundo

Este número

Enero 1985
Año XXXVIII

EL agua, que cubre más del 70 por ciento de la superficie del planeta, es el elemento más común de la Tierra. Se la encuentra en el aire que respiramos y en el suelo que pisamos; de ella están llenos los océanos, los lagos y los ríos; el agua es la fuente y el sustento de la vida, sin ella ningún vegetal, animal ni ser humano existiría.

Todos los seres vivos están formados en su mayor parte de agua. Esta constituye aproximadamente el 65 por ciento de un organismo humano, el 70 por ciento de un elefante, cerca del 80 por ciento de una patata y nada menos que el 95 por ciento de un tomate.

Pero no termina aquí la maravilla del agua. El precioso líquido es a la vez nuestro esclavo y nuestro dueño y señor. Contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra, destruyendo a veces las efímeras construcciones del hombre. La utilizamos para bañarnos, para cocinar y para divertirnos. El agua se lleva nuestros desechos, riega nuestras tierras y, tomada en ciertas fuentes, tiene inigualables propiedades terapéuticas. Finalmente, es un recurso inagotable que se renueva por sí mismo.

Pero ese tesoro que es el agua no está equitativamente repartido. Aunque el agua dulce limpia es indispensable para la salud y la vida, más de la mitad de la población del Tercer Mundo carece de agua potable y sus tres cuartas partes no disponen de servicios higiénicos adecuados. Por si ello fuera poco, más del 75 por ciento de las enfermedades humanas se deben a la falta de agua potable o a la escazez de las instalaciones higiénicas.

Tales son las razones por las cuales en noviembre de 1980 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el *Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990)* a fin de proporcionar "agua pura y saneamiento adecuado para todos en el año 1990".

La preocupación de la Unesco por los problemas del agua data de 1950, año en que emprendió un programa de investigaciones sobre las regiones áridas del globo. Y el objetivo de su actual *Programa Hidrológico Internacional* (PHI) es sentar las bases científicas para la utilización racional de los recursos hídricos y contribuir a encontrar soluciones a los problemas específicos que afectan a países con diferentes condiciones geográficas y diversos niveles de desarrollo técnico y económico.

Cuando escasea o se la utiliza indebidamente, el agua puede ser destructiva. Los programas de riego mal concebidos echan a perder tierras de cultivo tanto como la sequía o la desertificación, los dos grandes azotes que actualmente afectan a grandes regiones de Africa. Por otra parte, las prácticas erróneas de utilización de la tierra, tales como el pastoreo excesivo y la deforestación, pueden convertir el agua en un poderoso agente de erosión. Asimismo, los desechos industriales nocivos pueden transformar los ríos en cloacas y las saludables lluvias en portadoras de ácidos capaces de acabar con la vida en un lago y de destruir un bosque entero.

Hoy día hay en la Tierra tanta agua como ha habido siempre o como siempre habrá... a condición de que cuidemos de ella.

Nuestra portada: Foto © *El Correo de la Unesco*

Jefe de la redacción: Edouard Glissant



Emblema del "Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental (1981-1990)".

4 **"Para que el agua brote por doquier..."**
por Grigori Voropaiev

7 **El ciclo natural del agua**

8 **Por la erosión al desierto**

10 **La sequía en Africa**
Los once países más afectados

12 **La amenaza de la desertificación**
por Mohamed Skouri

14 **El agua fósil**
por Jean Margat y Kamal F. Saad

17 **Por una administración racional del agua**
El Programa Hidrológico Internacional de la Unesco

21 **Las lluvias ácidas**
I. Una contaminación transnacional
II. Salvar nuestros lagos y bosques

25 **La insaciable sed de las ciudades**

27 **Como se depuran las aguas sucias**

29 **Sri Lanka: un prodigio hidráulico**
por Ananda Gurugé

31 **Guerra popular contra el caracol**
por Zhang Bihua

Revista mensual publicada en **29 idiomas** por la Unesco, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
7, Place de Fontenoy, 75700 París.

Español, Francés, Inglés, Ruso, Alemán, Arabe, Japonés, Italiano, Hindi, Tamul, Hebreo, Persa, Portugués, Neerlandés, Turco, Urdu, Catalán, Malayo, Coreano, Swahili, Croata-servio, Esloveno, Macedonio, Servio-croata, Chino, Búlgaro, Griego, Cingalés, Finés

Se publica también trimestralmente en braille, en español, inglés, francés y coreano.

ISSN 0304-310 X
Nº 1 - 1985 - OPI - 84 - 3 - 418 S

"Para que el agua brote

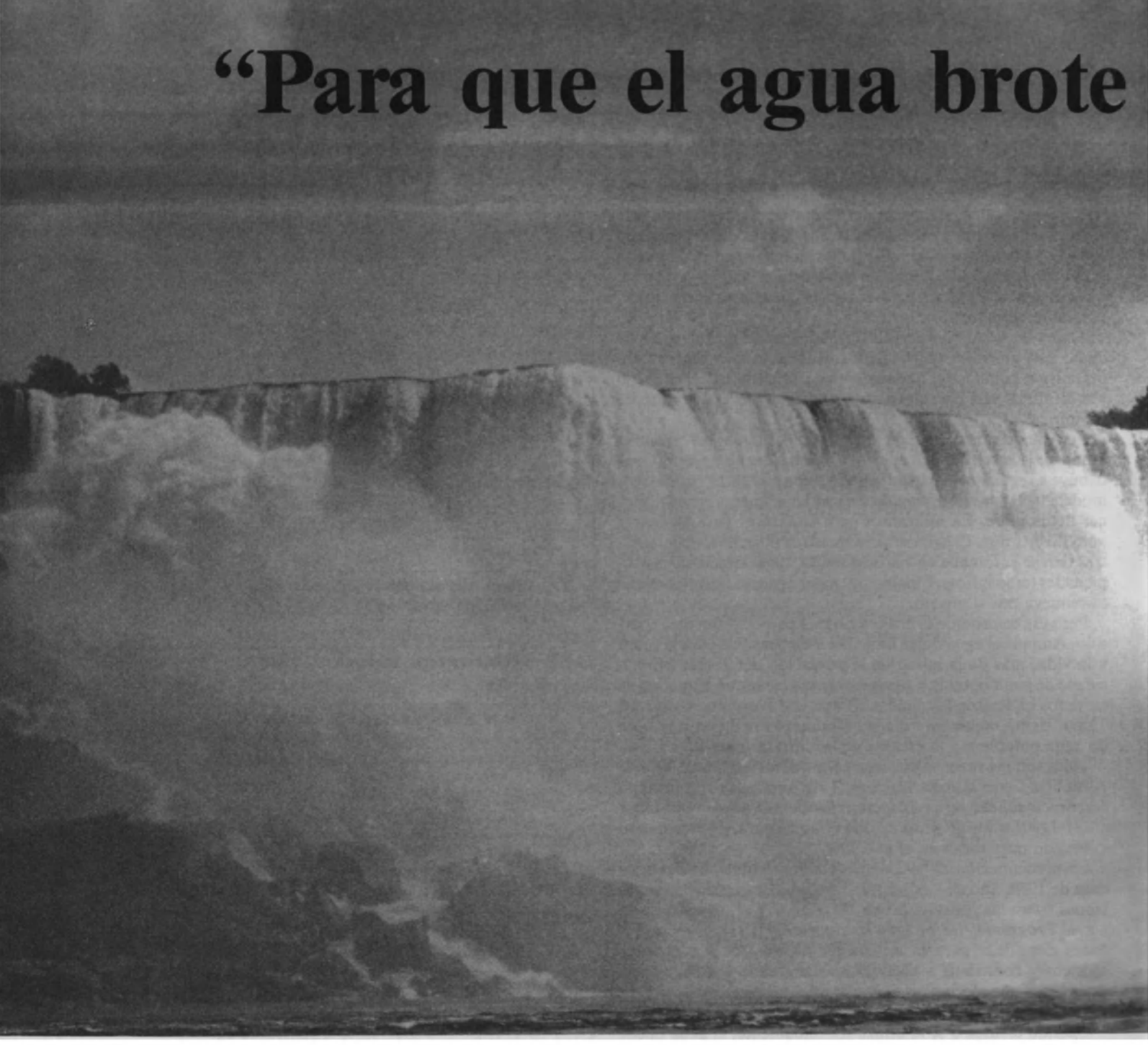


Foto Dominique Roger, Unesco

Las cataratas del Iguazú, una de las maravillas naturales de América Latina, están situadas en un tramo del río del mismo nombre que hace de frontera entre Brasil y Argentina. Las cataratas, de forma de herradura, tienen más de 4 km de anchura (cuatro veces más que las del Niágara). En la época de las lluvias, entre noviembre y marzo, el caudal del río en las cataratas puede alcanzar los 12.740 metros cúbicos por segundo. El nombre de Iguazú viene de una palabra guaraní que significa "gran río".

LA Tierra es una esfera envuelta en la capa húmeda, la hidrosfera, en que se integran los océanos, los mares y todas las otras aguas. En el océano apareció la vida por primera vez y en el océano empezó a tomar forma. Sin embargo, dada la extrema complejidad de su mecanismo en nuestro planeta, la vida no puede prescindir del aporte de las aguas dulces o, mejor dicho, para que el mecanismo siga funcionando necesita una reducida parte de éstas: la parte que anualmente se renueva en el marco del ciclo hidrológico mediante las precipitaciones, la evaporación, la infiltración y el desagüe.

El agua que cae en forma de lluvia sobre los continentes sólo representa una pequeña porción de ese gran aflujo natural: unos 120.000 km³, es decir el 1% de la totalidad de las aguas de escorrentía y el 0,001% de las aguas subterráneas. Sin embargo, hoy día la vida en nuestro planeta depende en lo esencial de esas aguas pluviales, ya que ellas aseguran la humidificación de la capa vegetal del suelo (condición imprescindible para una agricultura productiva), a la par que preservan los bosques o favorecen su extensión, y completan las reservas subterráneas que proporcionan agua potable a un 20% de la población mundial.

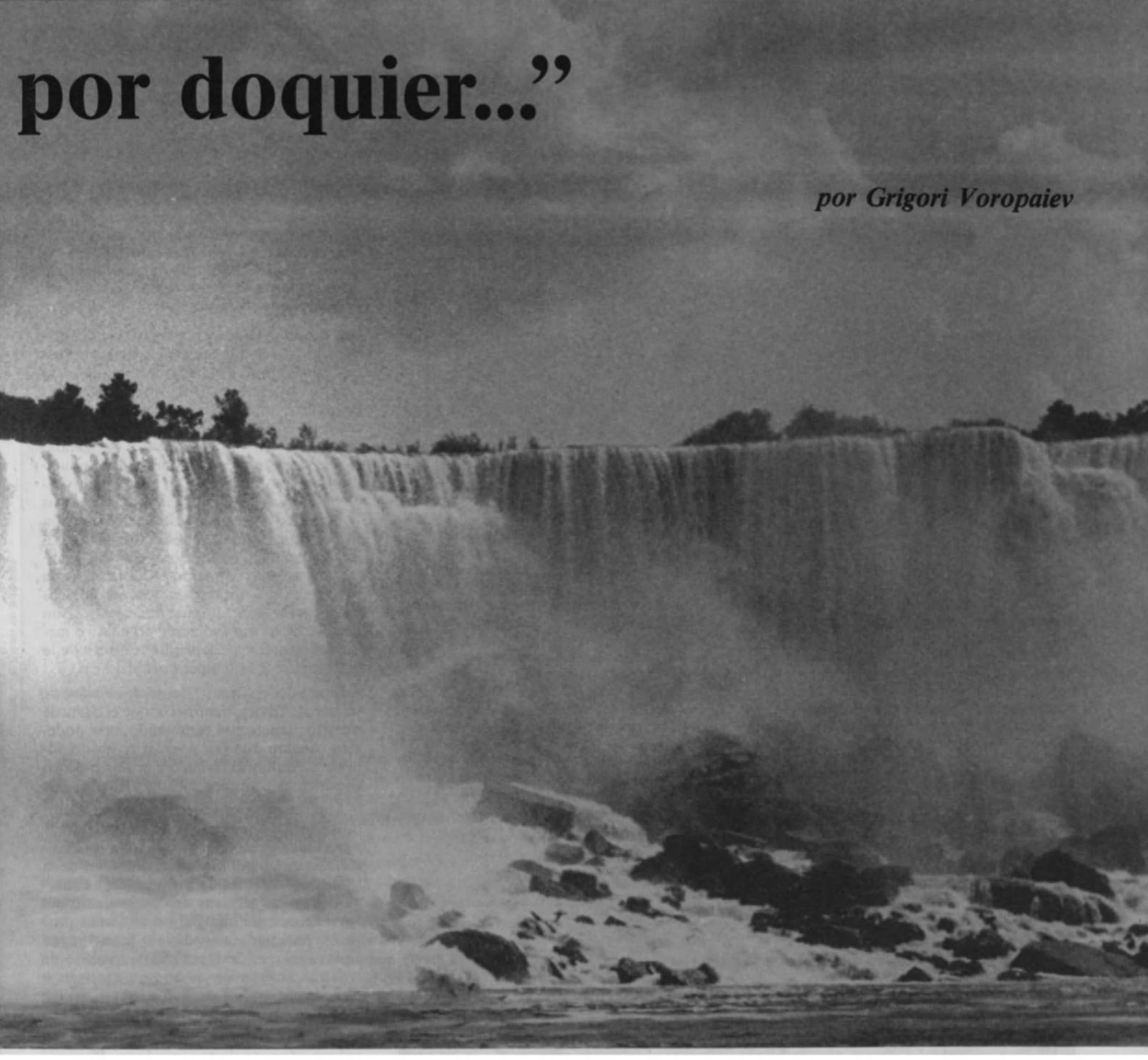
· Gran parte de esas precipitaciones (el 40% aproximadamente) alimenta la red hidrográfica que gobierna el equilibrio biológico de los lagos, mares y océanos, del cual depende la actividad económica del planeta. Las aguas fluviales, a la par que procuran pescado a los hombres, aseguran la supervivencia de algunas otras especies de peces cuyas funciones vitales requieren a la vez un ambiente marino y fluvial, como el esturión, el salmón, la anguila, etc.

Las deltas y los estuarios que forman las desembocaduras de los ríos, los sistemas fluviales, los lagos, los pantanos y embalses de agua dulce son otros tantos hábitats para un gran número de especies animales sin las cuales difícilmente podríamos satisfacer nuestras necesidades alimenticias.

El flujo de los ríos representa aproximadamente unos 50.000 km³ por año, es decir un poco más del 5% del volumen total de agua dulce de que dispone nuestro planeta.

por doquier..."

por Grigori Voropaiev



Pero su distribución geográfica es bastante desigual, estando concentrada la mayor parte en el hemisferio norte, mientras que el 30% de las zonas continentales más calurosas poseen una red fluvial insuficiente, cuando no casi inexistente.

Sabemos sin embargo que el agua dulce es un bien indispensable cuya carencia impide el desarrollo de toda civilización e imposibilita la expansión demográfica, así como los progresos de la producción en cualquier esfera, desde la agricultura hasta la electrónica de vanguardia. Pero aunque numerosos países han conseguido perfeccionar las técnicas de desalamiento, de depuración y de recuperación de aguas residuales, el consumo de agua fluvial aumenta cada año en el mundo, habiéndose multiplicado por siete desde el principio de nuestro siglo y alcanzando hoy día unos 3.000 km³ anuales. Fácil es prever que aumentará por lo menos un 50% en los 20 o 30 años próximos.

En todas las regiones donde existe una red fluvial insuficiente, en particular en las zonas áridas, los ríos explotables han sido aprovechados al máximo —o lo serán dentro de poco— para satisfacer las necesidades económicas. Buen ejemplo son el Nilo, el Tigris, el Colorado, el Sir-Daria, el Chu y el Amu-Daria, así como numerosos ríos de Australia, India, México, Africa, etc. De ahí que en esas regiones se hayan agudizado los problemas que plantean el abastecimiento de agua y el desarrollo del regadío.

La desigual distribución del flujo fluvial en los diversos continentes acarrea una grave desigualdad en el abastecimiento del agua. En decenas de miles de metros cúbicos por habitante se sitúa su volumen en Oceanía, América Latina y América del Norte, mientras que no pasa de unos pocos millares en Europa y en Asia. Pero hay desigualdades aun más marcadas: en ciertos países o regiones ese volumen alcanza apenas algunos centenares de metros cúbicos, lo que impide prácticamente abastecer de agua potable a la población y establecer una estructura sanitaria moderna. Para los habitantes de esas zonas el abastecimiento de agua se convierte en una cuestión vital que moviliza todas sus fuerzas.

No obstante esas pésimas condiciones básicas, queda claro que el problema podría ser menos difícil de resolver si se respetara el mecanismo natural del ciclo hidrológico. Desgraciadamente, sucede todo lo contrario como consecuencia de las actividades económicas del hombre cuyas repercusiones en el régimen, en las reservas y en la calidad de las aguas acaban trastornando ese ciclo. Un ejemplo entre tantos: la descarga en la atmósfera de los compuestos sulfurosos origina la formación de "lluvias ácidas" que modifican la acidez del medio acuático, tienen un efecto perjudicial para todos los seres vivientes y frenan el desarrollo de la vegetación.

La urbanización excesiva ejerce asimismo una acción dañina en la evaporación y la infiltración, modificando el régimen de las aguas de escorrentía y su composición química, además de contaminarlas con substancias artificiales y a menudo tóxicas. Pueden ya observarse en varias regiones los cambios que la acción del hombre ha originado en la configuración de las cuencas fluviales, y éste es un proceso que irá ampliándose inevitablemente.

De todo ello resulta que las crecidas primaverales o las ocasionadas por la lluvia ▶



Foto ©Instituto Limnológico de la Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de la URSS.

El lago Baikal, situado en la región meridional de la Siberia oriental, es el más profundo del planeta y un museo extraordinario de la fauna y la flora acuáticas. Su antigüedad es de unos 25 millones de años y contiene una quinta parte del agua dulce de la superficie terrestre. Su longitud es de 636 kilómetros y su anchura media de 48. Mide 31.500 km² de superficie. En él desembocan más de 300 ríos. La mayor parte del agua que sale del lago pasa por el río Angara que nace en la costa sudoccidental del lago de la que la foto muestra una vista parcial.

▶ van disminuyendo y, por consiguiente, disminuye también la superficie de las tierras de riego natural, a la par que aumenta la salinidad de las aguas en la desembocaduras de los ríos; a su vez desaparecen un gran número de arroyos y riachuelos. Al multiplicar los depósitos, las esclusas y las instalaciones de captación, el hombre ha producido tales modificaciones en el ciclo hidrológico que eran inevitables las consecuencias de su intervención. De ahí la disminución que comprobamos en el flujo fluvial (así como la alteración de sus características cualitativas) y el decrecimiento proporcional que se observa en los intercambios hidrológicos entre tierra y mar. E igual de negativos son los efectos de esa evolución en nuestro medio ambiente, especialmente respecto de la higrometría y la temperatura del aire.

Si se puede afirmar, como de ello dan fe numerosos datos científicos, que el clima de nuestro planeta está cambiando, bien podemos concluir que van a variar en grado notable el equilibrio térmico y acuático de los continentes y sus recursos hídricos.

Muchos esfuerzos se han hecho estos últimos años para mejorar el abastecimiento de agua dulce y responder así tanto a las necesidades de las poblaciones como a las de la industria. Además de los adelantos conseguidos en las técnicas de desalamiento del agua de mar, se han elaborado varios proyectos para poner remedio a la falta de agua en las regiones desfavorecidas: traslado de icebergs, utilización de buques cisternas o de acueductos para largas distancias, mayor utilización de los glaciares, etc.

Los logros ya conseguidos pueden justificar actualmente cierto optimismo. Pero para resolver debidamente los problemas regionales de abastecimiento es preciso emplear medios colosales, y en último término ésto no dejará de tener repercusiones en la distribución geográfica de las poblaciones y de las industrias locales.

Vivimos en una época en que las ciencias de la tierra han adelantado de tal forma que podemos prever la evolución de nuestro medio ambiente. En otros términos, disponemos de una base bastante firme como para definir con todo rigor la estrategia que permita utilizar nuestros recursos naturales y, entre otros, nuestros recursos hídricos en las mejores condiciones posibles, o sea planificando su gestión e interviniendo con conocimiento de causa en los procesos naturales. ¡Que los sabios del mundo entero aúnen sus esfuerzos para que brote por doquier el agua que todos necesitamos! □

GRIGORI VOROPAIEV, *soviético, es miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS y director de su Instituto de Hidrología. Es asimismo miembro del Comité Nacional de la URSS para el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco y ha escrito unos 170 libros y estudios sobre problemas del agua.*

Abajo, un manglar en El Salvador. El mangle es un árbol tropical que crece en los estuarios y ciénagas donde el agua dulce se mezcla con el agua salada del mar, impidiendo la existencia de cualquier otro árbol. A medida que crece, de las ramas del mangle salen raíces que se hunden en el agua. A los manglares se los consideraba antes como tierra improductiva, pero hoy se reconocen su importancia para el medio ambiente y su potencial económico. Su fronda y la maraña de sus raíces constituyen un ecosistema único en donde viven una asombrosa variedad de aves, insectos y organismos marinos. Los manglares representan también una fuente sustancial de madera, combustible, pescado, abonos y otros productos. Con la colaboración del Consejo Internacional de Uniones Científicas, la Unesco está llevando a cabo un programa de investigaciones y de formación con vistas a fomentar la utilización racional y la conservación de los ecosistemas de manglares en distintas regiones del mundo.

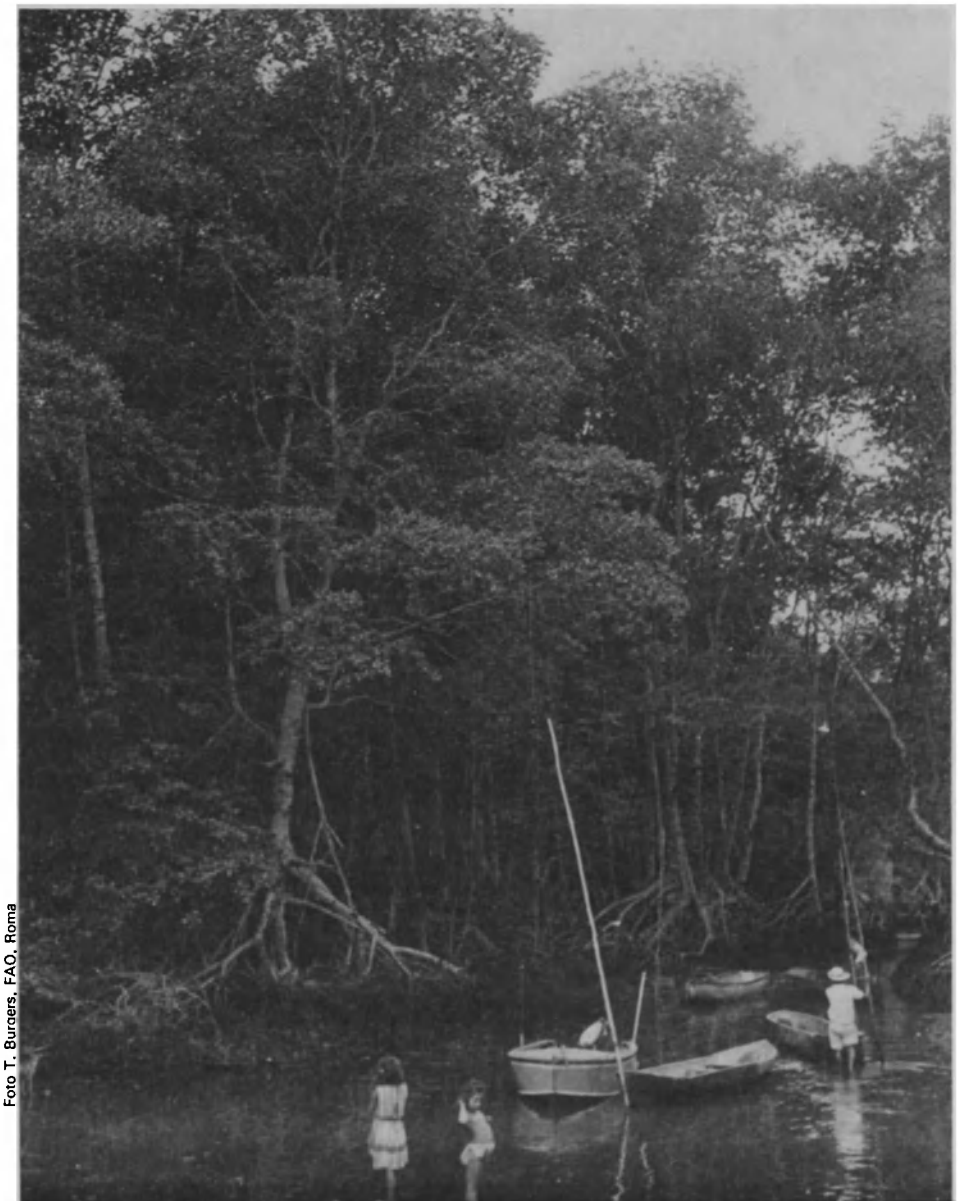
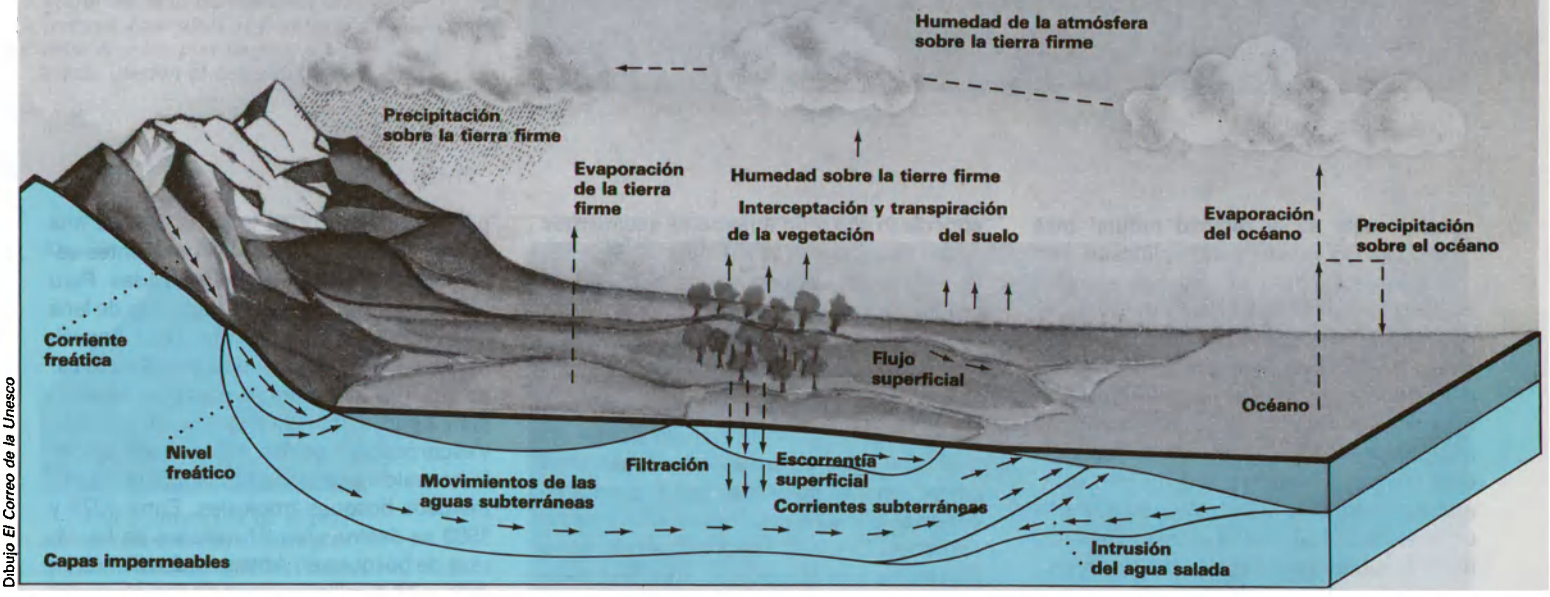


Foto T. Burgers, FAO, Roma

El ciclo natural del agua



Dibujo *El Correo de la Unesco*

A nuestra Tierra se la ha llamado, con sobrada razón, el "planeta del agua". Si no fuera por la invasora presencia del agua en ella las formas de vida que conocemos simplemente no existirían. Ciertos organismos muy rudimentarios pueden vivir sin aire, pero ninguno sin agua.

Si este planeta en el que todos vivimos no estuviera a 150 millones de kilómetros de nuestro Sol, la Tierra no tendría su actual mezcla de humedad gaseosa, líquida y sólida. Los cálculos demuestran que si el globo terráqueo estuviera situado a menos de 134 millones de kilómetros del Sol, nuestra agua se evaporaría, mientras que, si la órbita terrestre se agrandara situándose a más de 166 millones de kilómetros del Sol, la Edad del Hielo de la Tierra habría sido interminable.

De modo que las cosas sucedieron como sabemos porque la bola de fuego termonuclear de nuestro sistema solar está situada precisamente donde está. El Sol se halla justo a la distancia necesaria para mantener el ciclo del agua en la Tierra (o ciclo hidrológico, como lo denominan los científicos) en constante movimiento.

El Sol produce la evaporación del agua de los océanos, así como la de los lagos, los embalses y los ríos. Otras cantidades importantes de humedad se obtienen de la superficie de las hojas de las plantas, mediante el proceso llamado de transpiración.

Estas masas de humedad, invisibles a menos que las condiciones de temperatura sean tales que se formen las nubes, se mueven por encima de los océanos y de la tierra firme. Cuando se elevan al atravesar las cadenas montañosas o cuando entran en contacto con masas de aire más frío, las moléculas de agua se aglomeran y ya no pueden sostenerse en el aire. Así se producen la lluvia, el granizo y la nieve.

Si la precipitación cae sobre un suelo relativamente impermeable, el agua correrá por el suelo formando pequeños arroyos o riachuelos. Pero si la superficie del suelo es bastante porosa o presenta una frondosa vegetación que atenúe el golpe de las gotas al caer, se producirá una mayor infiltración y la escorrentía directa será menor.

Una vez que el agua comienza a infiltrarse por la superficie del suelo, disminuye drásticamente su movimiento. Si el suelo es muy compacto o contiene mucha arcilla, el agua apenas circulará. En este caso, puede tardar cientos de años en alcanzar el nivel freático, esa zona subterránea de la tierra que está saturada de agua.

Debe señalarse que la zona situada entre la superficie del suelo y la parte superior del nivel freático, llamada zona no saturada, es de fundamental importancia para la vegetación. Si no fuera por esa zona, que contiene cierta cantidad de agua y de oxígeno, la mayor parte de las plantas no podrían existir.

La humedad que llega hasta las aguas subterráneas no queda separada para siempre del agua que circula en el ciclo hidrológico terrestre.

Aunque con lentitud, las aguas subterráneas se mueven de vuelta hacia el océano. Pueden llegar a un lago desde el que se evaporan a la atmósfera. O bien subir a la superficie. Cuando esa corriente llega al punto del litoral en que se une con el océano, puede decirse que se ha completado el ciclo hidrológico. Pero en realidad, claro está, el ciclo continúa. La tierra sigue funcionando con su volumen primitivo de agua, que en lo esencial se mantiene constante. Las moléculas del agua en que se bañaba Arquímedes siguen flotando hoy día en algun océano, lago, río o acuífero.

Se calcula que al año se evaporan aproximadamente 505.000 kilómetros cúbicos de agua de los océanos. Sin embargo, unos 458.000 son inaprovechables porque se precipitan nuevamente en los mismos océanos. Sólo unos 47.000 llegan lo suficientemente lejos para precipitarse sobre la tierra. Y esta es la única agua de que podemos disponer para nuestros múltiples usos domésticos, agrarios e industriales. En realidad, la precipitación total anual sobre la tierra firme es muy superior a ésa, pues se sitúa en torno a los 119.000 km³. El añadido de 72.000 km³ proviene del agua que se conserva permanentemente como humedad en la atmósfera, el suelo y la vegetación, en un ciclo de transpiración de los vegetales y de precipitación desde la atmósfera. Los 47.000 km³ de agua evaporados de los océanos retornarán a ellos en forma de ríos y de corrimiento de las aguas subterráneas. □

Este artículo, así como los de las páginas 25 y 27, están tomados del folleto El agua y la ciudad, *publicado por la Unesco en el marco del Programa Hidrológico Internacional y escrito por Gunnar Lindh, profesor de ingeniería hidrológica del Instituto de Tecnología de la Universidad de Lund, Suecia.*

Por la erosión al desierto

EL suelo es el recurso natural más valioso de un país, calificado con acierto como el "puente entre lo inanimado y lo vivo". Se compone de material rocoso meteorizado y descompuesto, agua, aire, materia orgánica formada por la descomposición vegetal y animal y miles de formas diferentes de vida, principalmente microorganismos e insectos. Todos esos elementos desempeñan una función en el mantenimiento de la compleja ecología de un suelo sano. Si bien la erosión del suelo es un fenómeno natural, se trata de un proceso lento cuya velocidad ha multiplicado el hombre por lo menos por dos y medio, y se calcula que a lo largo de los siglos ha destruido unos 2.000 millones de hectáres de tierra. Existen claras pruebas de que la destrucción de civilizaciones pasadas —en el Mediterráneo y América Central— se debió a la erosión del suelo causada por la tala de bosques en zonas escarpadas y otras prácticas destructivas.

La erosión del suelo se produce principalmente cuando la tierra está expuesta a la acción del viento y de la lluvia. Sin la protección de una capa de vegetación y de la acción fijadora de las raíces, cada gota de agua golpea como una bala en el suelo desnudo. Las partículas de éste se desprenden y el agua las arrastra pendiente abajo hasta el valle o incluso hasta el mar, transportadas por ríos y arroyos. La erosión hídrica es la forma más común de erosión, que causa daños masivos en casi todos los países en desarrollo. Se produce cuando se cultivan tierras escarpadas sin tomar las debidas precauciones o cuando se dejan expuestas a la acción de las lluvias intensas tierras con pendientes suaves. Las aguas arrastran cada año en el mundo entero unos 25.000 millones de toneladas de tierra, primero a los ríos y luego a los océanos. Según estimaciones del estudio FAO/PNUMA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), la erosión hídrica afecta al 11,6 por ciento del territorio africano al norte del ecuador y al 17,1 por ciento del Cercano Oriente. Lo mismo sucede en 90 millones de los 297 millones de hectáreas con que cuenta la India.

La erosión hídrica origina dos tipos de problemas: una pérdida de la productividad agrícola *in situ* y un arrastre de sedimentos aguas abajo, que provoca inundaciones, reduce la nevegabilidad de los ríos y ciega progresivamente los embalses.

Las precipitaciones abundantes, las sequías prolongadas o los vientos fuertes pueden ser la causa directa de la erosión del suelo, pero no constituyen el verdadero problema. Una zona, en estado natural o correctamente cultivada, puede permanecer estable bajo la acción de todos esos fenómenos. La erosión se produce cuando se realizan prácticas agrícolas que no tienen en cuenta la facilidad con que el suelo puede ser arrastrado por el agua o barrido por el viento.

Por ejemplo, en los últimos decenios la ganadería y el pastoreo excesivos han ocasionado daños incalculables en numerosas regiones de Africa y de Asia. En las zonas áridas el suelo se vuelve compacto alrededor de las chacras o alquerías, la vegetación se desprende y muere y la erosión se pone así en marcha. Con demasiada frecuencia el resultado final de la erosión y degradación del suelo es que las tierras terminan convirtiéndose en desierto. Si la erosión es para la tierra una enfermedad, la desertificación significa su muerte. Hoy día, la desertificación amenaza a unos 3.200 millones de hectáreas de tierras, poniendo en peligro el sustento de 700 millones de personas que de ellas dependen.

Un 30 por ciento de los suelos cultivables del mundo se dedican a la agricultura migratoria en Africa, Asia y América Latina. Sólo en Africa, más de 30 millones de personas practican este tipo de agricultura. En el pasado esto permitía conservar la fertilidad de la tierra, dejándola en barbecho durante largos períodos, en los cuales el suelo recobraba su fertilidad original. En la actualidad, debido a la presión demográfica y a los esfuerzos por aumentar los rendimientos, prácticamente se suprimen los períodos de barbecho. En tales condiciones, los suelos forestales pierden rápidamente su fertilidad y comienzan a erosionarse. La razón es que se exige de la tierra más de lo que ésta puede dar.

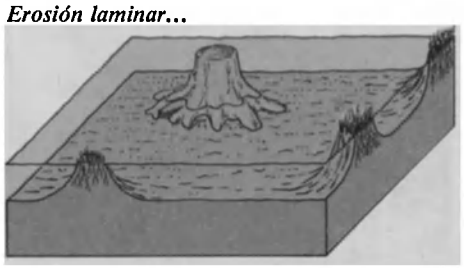
Casi siempre es la tierra desnuda la que sufre la erosión, mientras que la cubierta de vegetación es estable. Por lo general, el proceso comienza en la parte alta de una cuenca hidrográfica, en las pendientes escarpadas tradicionalmente arboladas. Pero en los últimos decenios la demanda de leña ha ido en continuo aumento. Los campesinos se han visto obligados a desplazarse cada vez más lejos para abastecerse de energía y a cortrar madera en terrenos más altos y escarpados. Además, el desarrollo agrícola ha traído aparejado el desmonte de numerosos bosques tropicales. Entre 1975 y 1980 se destruyeron 37 millones de hectáreas de bosques en Africa, 12,2 millones en Asia y 18,4 millones en América Central y del Sur.

En algunos países, la situación cada vez más crítica de la balanza de pagos ha obligado a los gobiernos a incrementar los cultivos comerciales. Cuando ya no se dispone de tierras de labranza, se utilizan para los nuevos cultivos tierras marginales, dedicadas anteriormente al pastoreo, que se aran por primera vez. Gran parte de la delgada capa de suelo que cubre esas tierras puede perderse con la primera lluvia intensa que se produzca cuando el terreno esté aún sin vegetación. Hace algunos años, en la República Unida de Tanzania un grupo de científicos observó que, durante una breve tormenta, el terreno que estudiaban había perdido en unas pocas horas 5 cm de capa cultivable y se habían abierto surcos de hasta 15 cm de profundidad.

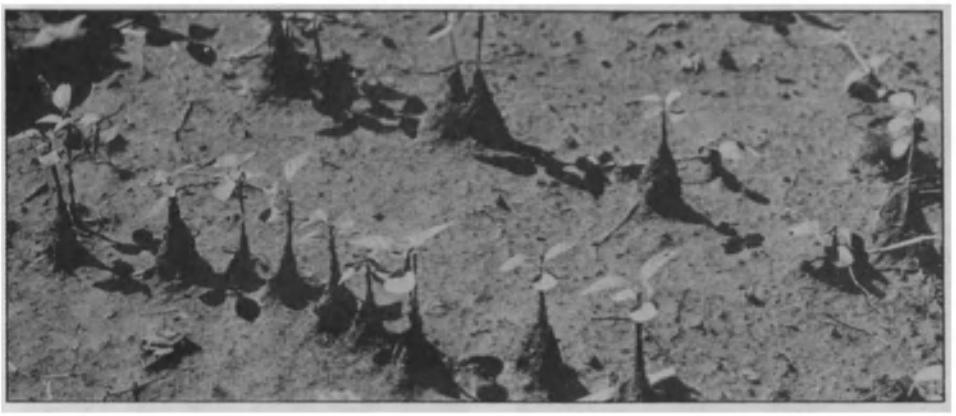
Los problemas de conservación del suelo están estrechamente vinculados con los del desarrollo y la probreza rurales. Un agricultor que a duras penas consigue producir alimentos suficientes para el sustento de su familia no puede dedicar semanas ni meses a construir bancales en sus tierras o a aprender nuevas técnicas agrícolas. Es claro, pues, que un desarrollo rural satisfactorio es requisito esencial para acabar con la erosión del suelo. □

Texto e ilustraciones adaptados del folleto Proteger y producir: conservación del suelo para el desarrollo, *publicado por las Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.*

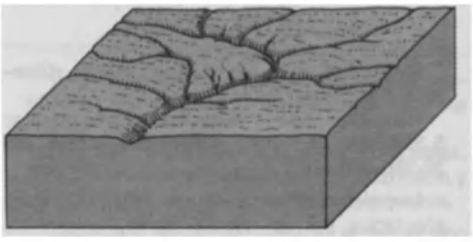
Erosión laminar...



... es la erosión más o menos uniforme de la superficie de un terreno. Las raíces de plantas y árboles y los pies de postes de cercas quedan al descubierto.



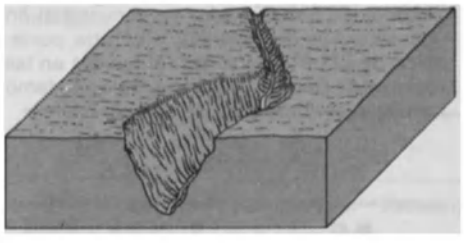
Erosión en surcos...



... es la acentuación de depresiones naturales ocasionada por la escorrentía superficial. Aunque las labores de cultivo oculten el daño, se pierde el suelo fértil.



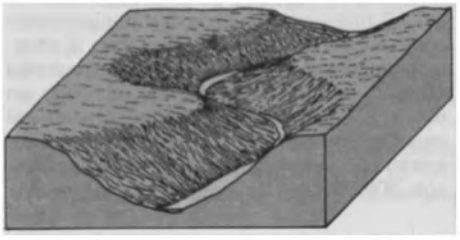
Erosión en cárcavas...



... produce profundas fisuras en tierras que serían cultivables. Si no se toman las medidas adecuadas, seguirá avanzando.



Erosión de riberas...



... convierte a los arroyos rápidos y profundos en cursos de agua que serpentean entre bancos de fango. Puede provocar importantes pérdidas de tierras labrantías.



La sequía en Africa

Los once países más afectados



Foto T. Page, Programa Mundial de Alimentos

Ghana

Regiones más afectadas: las provincias del norte y de Alto Ghana.

Ghana, que hace unos diez años estaba a punto de bastarse a sí misma en materia de producción de cereales, se halla hoy día frente a una profunda crisis económica y financiera que agrava una sequía prolongada.

El neto descenso de la producción agrícola, unido a la falta de medios de transporte y de combustible, a la escasez de carreteras, a la ausencia de medios de almacenamiento y a la reducción del poder adquisitivo, ha tenido efectos inmediatos en las condiciones de nutrición de las madres y de los niños.

Los índices de mortalidad infantil, que habían comenzado a disminuir regularmente, aumentan hoy en todo el país y particularmente en el norte.

La penuria de alimentos es sobremanera dramática en el norte de Ghana donde habrá que resolver graves problemas logísticos a fin de facilitar la distribución de alimentos.

Burkina-Faso

Regiones más afectadas: el norte del país (región del Sahel).

Burkina-Faso (antes Alto Volta), el quinto de los países del mundo por su pobreza, con uno de los índices de mortalidad infantil más elevados, viene sufriendo de la sequía y la desertificación desde 1968. En 1981 se registró el nivel de lluvias más bajo en treinta años, con lo que se perdió un tercio del total de cabezas de ganado. En 1983, debido a una sequía particularmente grave, se perdieron todas las cosechas del norte el país.

En un país donde las condiciones de salud y de alimentación de los niños y de las madres son normalmente deficientes, la sequía actual vuelve a estos más vulnerables a las enfermedades transmisibles y parasitarias a medida que la malnutrición aumenta.

En 1984 hubo que recurrir nuevamente a la importación en gran escala de productos alimenticios básicos, lo que se ha convertido en un rasgo característico de la lucha de Alto Volta por su supervivencia. Asimismo, hubo que importar semillas para las próximas siembras.

Níger

Provincias más afectadas: Zinder y Diffa.

Número de niños afectados: 23.800.

Níger, país que soporta el peso de una enorme deuda exterior, sufre, como las demás regiones del Sahel, las consecuencias de la irregularidad de las lluvias. En 1983 y 1984 una sequía persistente afectó a algunas poblaciones, particularmente en las provincias de Zinder y de Diffa, en el sudeste del país.

En otras regiones de Níger las cosechas han sido más o menos satisfactorias. Pese a la existencia de reservas alimentarias, muchos hogares de las zonas rurales y suburbanas carecen de poder adquisitivo suficiente para comprar productos alimenticios.

Angola

Provincias más afectadas: las del centro y del sur.

Número de personas afectadas o desplazadas: 1.000.000.

La sequía comenzó en las provincias del centro y del sur donde afectó a más de 260.000 personas, 80% de las cuales eran mujeres y niños.

Como resultado de una sucesión de estaciones secas disminuyó grandemente la producción alimentaria, y la disminución de los precios del petróleo, del café y de los diamantes en el mercado mundial redujo de modo considerable los ingresos por concepto de exportaciones precisamente cuando el país se veía obligado a importar productos alimenticios en gran escala.

Al empeoramiento de la situación económica vino a sumarse el conflicto político y militar que afectó a un número mayor de personas que tuvieron que refugiarse en zonas distintas de la suya. Las fuertes lluvias de febrero y marzo de 1984 han tenido consecuencias desastrosas para las carreteras, la vivienda y las instalaciones higiénicas y han sido catastróficas también para las cosechas ya que los torrentes de agua arrastraron consigo semillas y plantas tiernas.

Actualmente, un tercio de los niños angoleños mueren antes de los cinco años.

Etiopía

Regiones más afectadas: Wollo, Gondar, Eritrea y Tigré.

Número de personas afectadas: 5.200.000 de una población total de 32.395.000.

La proporción de niños menores de 15 años afectados por la sequía oscila, según las regiones, entre el 37 y el 68%. Además, cerca de 2.200.000 personas desplazadas necesitan asistencia. En algunos distritos no ha habido lluvia durante tres cosechas sucesivas. Las regiones más afectadas son las del norte del país.

Otras distritos sufren también una grave penuria de alimentos. Cerca de 52.950 personas en la región de Bale, 278.830 en la de Hararghe y 35.250 en la de Gojjam necesitan asistencia inmediata. Es probable que también la requieran 122.000 personas en la región de Soha, 2.530 en la de Arussi y 79.880 en la de Gemu-Goffa. En la región administrativa de Sidamo 165.040 nómadas se encuentran en una situación desesperada. Por otra parte, cerca de 221.610 personas refugiadas en las regiones de Gondar, Hararghe, Bale y Sidamo necesitan asistencia inmediata.

Mozambique

Regiones más afectadas: Gaza, Inhambane, Maputo, Tete, Zambeze, Sofala y Manica.

Número de personas afectadas: 4.700.000.

La grave sequía que azota a Mozambique dura ya cuatro años y la situación se ha agravado desde 1982 y 1983. Se considera que las regioes más afectadas son las de Gaza, Inhambane y Maputo. La FAO estima que de los 4,7 millones de personas (principalmente campesinos) gravemente afectadas, la situación de 1,8 millones de ellas, en las provincias del sur, es alarmante. Se ha calculado en 600.000 toneladas las importaciones de cereales que necesita el país en su conjunto, mientras que en tiempos normales importaba sólo 300.000.



Foto Maggie Murray-Lee, UNICEF

Zimbabue

Regiones más afectadas: las ocho provincias fronterizas del país más que las del centro.

Según las estimaciones oficiales, 464.200 personas sufren de malnutrición y sólo 244.400 de ellas reciben asistencia.

Zimbabue acaba de terminar el tercer año consecutivo de una sequía que es la más grave de su historia. Actualmente no se dispone de ningún excedente de alimentos y es probable que la próxima cosecha no mejore la situación. Se ha calculado en 838.000 toneladas el déficit de maíz debido enteramente a la sequía para los 15 próximos meses.

El estado de salud de los grupos más vulnerables es a menudo extremadamente grave.

Los programas de asistencia y socorro son coordinados por el gobierno y comprenden la distribución de raciones de alimentos básicos y programas de alimentación complementaria.

Chad

Provincias más afectadas: Kanem, Biltin y Batha.

Número de personas desplazadas y afectadas que necesitan urgentemente ayuda: en Kanem, 200.000; en Biltin, 50.000; en Batha, 50.000, la mayoría de las cuales son mujeres y niños.

Diecisiete años de conflictos internos, diez años de sequía, la falta de estructuras administrativas adecuadas y una red de comunicaciones interiores sobremanera deficiente han conducido a Chad a una situación catastrófica.

Para sobrevivir el país depende hoy día enteramente de la ayuda alimentaria internacional. El *Comité Inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel* (CILSS) estima que el déficit alimentario estructural del país es de unas 15.000 toneladas métricas por año. Por su parte, el Ministerio de Calamidades Naturales de Chad ha estimado en 107.557 toneladas de cereales el déficit alimentario neto de 1983-1984.

Las víctimas son sobre todo las mujeres y los niños que sufren de malnutrición grave y de enfermedades causadas por la deficiencia nutricional y la falta de agua potable (sarna, paludismo, sarampión, infecciones intestinales, tuberculosis, etc.).



Foto Jacques Danois, UNICEF

Malí

Provincias más afectadas: toda la zona saheliana del país (regiones de Gao y de Tombuctú).

Número de personas afectadas: 2.500.000, de las cuales 1.100.000 son niños menores de 15 años y 500.000 menores de cinco. Estas cifras no abarcan a los emigrados de los países vecinos, cuyo número es difícil evaluar.

La zona saheliana de Malí, que abarca las dos terceras partes el país, padece desde 1969 una sequía crónica. La grave sequía de los años 1968 a 1974, que alcanzó su mayor intensidad en 1973, redujo sobremanera el volumen del ganado. La situación mejoró ligeramente entre 1976 y 1978 pero a partir de 1980 se han producido alarmantes condiciones de sequía que han provocado una nueva disminución de la producción alimentaria y pecuaria.

La situación empeoró en 1983. Jamás había disminuido tanto el volumen de las precipitaciones en todo el país y los ríos alcanzaron el nivel más bajo de este siglo. La mayoría de los lagos se han secado.

Son numerosos los "ojos de agua", en torno a los cuales se concentran las poblaciones sedentarias y nómadas, que no cuentan con equipos suficientes para acoger a tan gran número de personas y constituyen así un terreno favorable para la propagación de enfermedades y epidemias. Los niños son quienes corren mayor peligro dado que las regiones más afectadas por las sequías son, al mismo tiempo, las más desfavorecidas en materia de equipos e instalaciones sociales y sanitarias.

Cabe temer que vuelva a alcanzarse el espantoso índice de mortalidad de 1973 (90% de los niños menores de cinco años murieron entonces en los campamentos de socorro) si no se toman medidas urgentes para mejorar las condiciones de salud y nutrición.

Texto adaptado de Forum d'idées-Ideas Forum, *publicado por el UNICEF. Al entrar en prensa este número, se afirma que el número de personas afectadas es aun mayor. Por ejemplo, según algunas fuentes, en Etiopía puede llegar a siete millones.*



Foto Norbert Engel, UNICEF

Senegal

Provincias más afectadas: la región del río, el norte y las regiones de Louga y de Linguere.

Número de personas afectadas: 1.100.000 de las cuales 500.000 pertenecen al grupo más vulnerable (niños, mujeres embarazadas y madres lactantes).

Desde hace 15 años, y particularmente en los siete últimos, Senegal ha sido víctima de una sequía que ha afectado gravemente a la población y a la economía del país. La sequía ha hecho que los campesinos y los nómadas emigren a las ciudades, que no están en condiciones de acogerlos.

La estación de las lluvias de 1983 fue particularmente pobre en precipitaciones y se ha evaluado la cosecha de 1983-1984 disponible para el consumo interno en la mitad de la recolección anual normal. El déficit de cereales solamente es de unas 370.000 toneladas.

Mauritania

Regiones más afectadas: nueve provincias de un total de doce.

Las condiciones creadas por la sequía, que dura desde hace diez años, se han agravado particularmente en el curso de 1983. En algunas localidades el nivel de las precipitaciones ha sido el más bajo de los últimos 70 años. El río Senegal alcanzó sólo la décima parte del nivel a que llega normalmente durante la estación de las lluvias y, no habiendo anegado sus orillas, se han echado a perder los cultivos. Las pérdidas de pastos y de cabezas de ganado han sido de importancia excepcional.

La venta en gran escala de ganado a precios bajos permite prever dificultades en cuanto al aprovisionamiento de leche y de carne. La producción actual de cereales, estimada en 15.000 toneladas (en 1981-1982 fue de 61.000), no representa sino el seis por ciento de las necesidades para el consumo.

En algunas zonas se han observado casos de malnutrición avanzada, siendo numerosos entre ellos los de avitaminosis y más aun los de escorbuto y anemia. □

La amenaza de la desertificación

por Mohamed Skouri

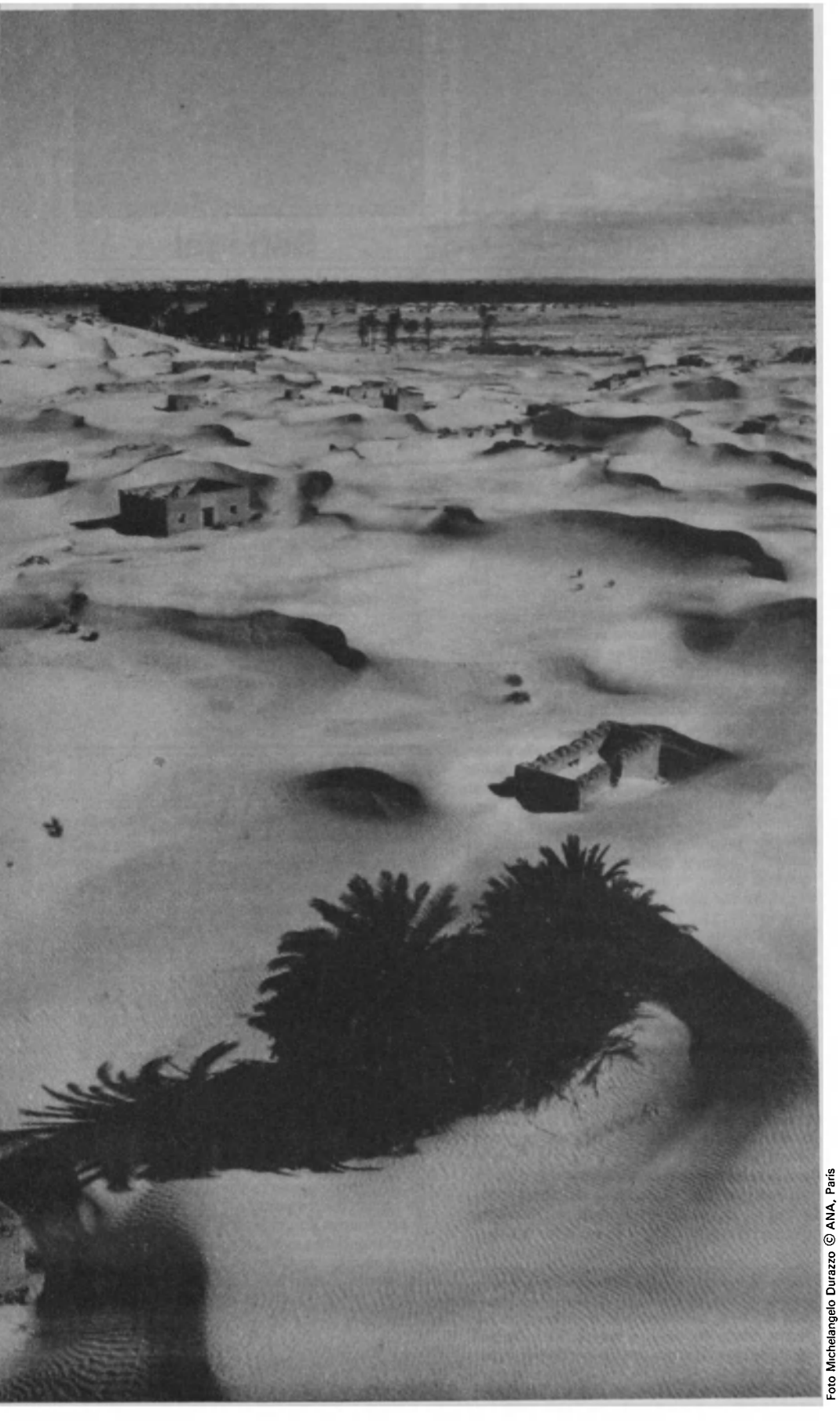


Foto Michelangelo Durazzo © ANA, Paris

LAS zonas situadas a orillas del Sahara han sufrido en los últimos veinte años profundas perturbaciones que modifican radicalmente las bases del problema de la desertificación. En efecto, además de la persistencia de la sequía, estas zonas han sufrido modificaciones ecológicas y socioeconómicas importantes, lo que ha agravado el problema.

Si bien en el plano científico se han registrado grandes progresos en lo referente al conocimiento de los medios predesérticos, queda mucho por hacer para elaborar soluciones adaptadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de esos medios.

El esfuerzo de investigación debe tener por finalidad no solamente profundizar los conocimientos y mejorar los métodos de explotación de los recursos naturales, sino también, y sobre todo, comprender mejor la dinámica de esos recursos en función de la evolución de los medios tecnológicos y de la transformación de las condiciones socioeconómicas.

Para responder precisamente a tales preocupaciones, la Unesco emprendió el Programa Intergubernamental sobre el Hombre y la Biosfera (MAB). Este gran programa internacional, cuya ejecución comenzó realmente a comienzos de los años 70, tiene por objeto promover un nuevo enfoque de la investigación sobre los entornos naturales centrado en el estudio de las repercusiones de las actividades humanas en los recursos naturales, con el fin de definir las condiciones óptimas de utilización de dichos recursos. Además de profundizar en los enfoques metodológicos, este programa ha contribuido a favorecer el lanzamiento de proyectos en los que se han considerado conjuntamente las actividades de investigación, de formación y de demostración, asociando a las poblaciones interesadas, a los investigadores y a los encargados de la adopción de decisiones.

Para la preparación de la reunión especial de evaluación de los progresos realizados en la ejecución del Plan de Acción para Combatir la Desertificación, celebrada en Nairobi en abril-mayo de 1984, se encomendó a la Unesco la tarea de actualizar tres estudios de caso relativos a Chile, Níger y Túnez que originalmente se habían preparado para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertificación, de 1977.

El estudio sobre Níger constituye un ejemplo típico de como funciona el MAB. La actualización del estudio revela que, de las dos causas principales de la desertificación (la persistencia de la sequía, por un lado, y el incremento de la presión humana y animal, por otro), tanto una como otra pudo ser la predominante. Pero el hecho de que existan ejemplos de degradación grave en regiones poco habitadas demuestra que el causante *inicial* del proceso es el déficit pluviométrico. Por otra parte, es razonable pensar que en 1970, de haber sido menos agobiante la presión humana y animal sobre el medio ambiente natural, los efectos de la sequía no habrían sido tan rápidos.

En 1983, a pesar del aumento de la pluviometría registrado desde 1977, la vegeta-

Anualmente se pierden para la agricultura 21 millones de hectáreas de tierra productiva y otros 6 millones se convierten en puro desierto. A la izquierda, la aldea abandonada de Dour, en Túnez, que ha quedado casi completamente engullida por las invasoras dunas.



Foto Amos Schlack © ANA, París

Un rebaño de ovejas y cabras, se precipitan hacia un charco de agua a través de una pradera muy deteriorada por el pastoreo excesivo en Kenia.

ción no había recuperado su nivel (cuantitativo y cualitativo) anterior a la sequía; ello se debía, por un lado, a que durante esos "buenos años" las lluvias no fueron lo suficientemente abundantes, ni tampoco lo bastante bien distribuidas como para compensar el grave problema del prolongado déficit precedente y, por otro lado, a que la presión humana y animal en la zona pastoril se acentuó más rápidamente que la regeneración. Al comienzo de la crisis, en los años 70, la presión originada por el pastoreol se había atenuado como resultado de la huida de muchas personas, y al término de la crisis disminuyó aun más debido a la muerte de numerosos animales, que habían agotado todos los recursos forrajeros. Después de la sequía excepcional, el retorno de los bovinos de los pueblos fulbe, la política puesta en práctica en la zona y el rápido crecimiento del ganado menor permitieron la pronta reconstitución de los rebaños, aun cuando no se alcanzase el nivel anterior.

Es indiscutible, por consiguiente, la responsabilidad del hombre, cuya acción viene a sumarse a los efectos climatológicos. No obstante la responsabilidad sigue siendo limitada, pues la destrucción de la vegetación debida a la extracción directa, al pastoreo o al hecho de ser pisoteada por los rebaños, o incluso como resultado de los incendios de matorrales, jamás ha afectado a la totalidad del medio ambiente como ha sucedido con la alteración climática. Aun sin el hombre, sin los rebaños y los cultivos, el déficit pluviométrico habría tenido repercusiones más o menos idénticas, salvo en los puntos de fuerte concentración. La espectacular regresión de la *Commiphora africana* no cabe atribuirla al exceso de pastoreo, sino a la sequía prolongada y al viento. En cambio, la excesiva explotación de los bosques para obtener leña es completamente independiente de la variabilidad climática.

Actualmente, los aspectos más inquietantes para el porvenir siguen siendo los efectos de la regresión de la cubierta vegetal, quienquiera que sea el responsable, el clima o el hombre. En efecto, con una cubierta insuficiente el suelo se halla expuesto a los excesos del sol, del agua y del viento. La ausencia de materia vegetal reduce la humidificación, de suerte que los procesos pueden encadenarse en una sucesión que deja muy pocas posibilidades a una auténtica recuperación del medio biológico.

La disminución de la biomasa vegetal y la consiguiente contracción de las formaciones tienen como consecuencia privar al suelo de protección, con lo que se reducen los obstáculos que se oponen a los vientos. Las superficies desnudas han cobrado dimensiones considerables y por ello la abrasión causada por el viento afecta a espacios mayores, que la vegetación reconquista con creciente dificultad. ¿No serán acaso los vientos fuertes y cargados de arena, ahora frecuentes, la señal de la agravación de los procesos de degradación del medio ambiente?

En definitiva, en lo que atañe a todo el país es muy difícil dar una respuesta categórica a la pregunta sobre si progresó o disminuyó la desertificación en el noroeste del Níger desde 1977. En efecto, según el sector o el elemento que se considere, puede responderse de manera muy distinta. La cubierta vegetal saheliana sufre una transformación incesante y —lo que todavía complica más la observación— con frecuencia la evolución del estrato herbáceo no se efectúa al mismo ritmo que la del estrato leñoso; puede también suceder que la evolución que se produce en los suelos arenosos no tenga el mismo sentido que la producida en los suelos arcillosos. Ante estas modificaciones no sincrónicas, resulta muy delicado formular un juicio global sobre el estado general de la evolución en 1983. En cambio, en lo tocante a sus causas, parece ser que se ha logrado la unanimidad.

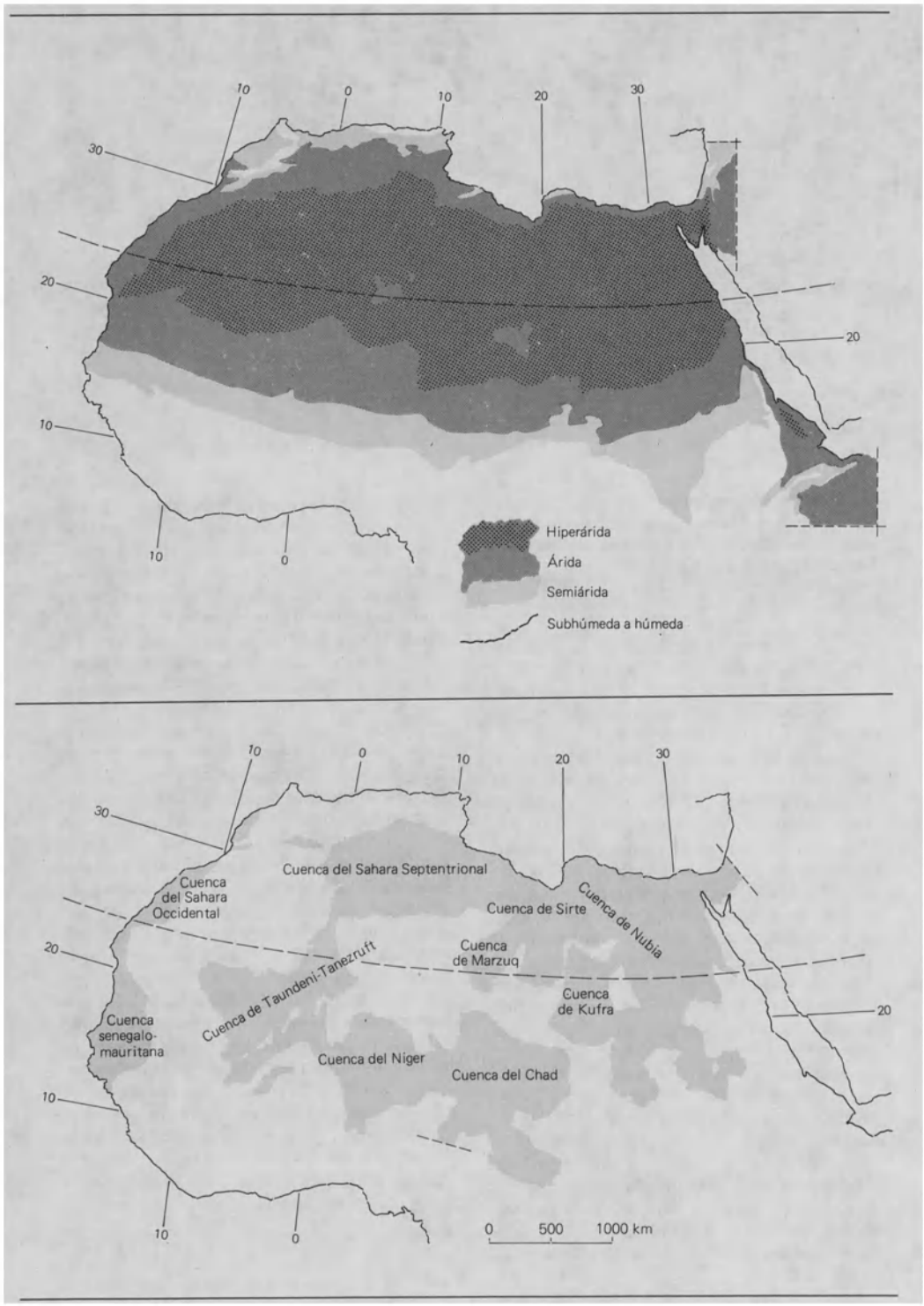
En el estudio relativo a Níger se destaca nítidamente el hecho de que las formaciones naturales conservan, a pesar de las condiciones climáticas poco favorables, un buen potencial de regeneración que puede ser valorizado en la medida en que la presión humana y animal se mantenga a un nivel compatible con la capacidad de carga de estas formaciones. El estudio abarca una superficie de 70.000 km² aproximadamente, o sea un área suficientemente representativa de una gran parte de los entornos naturales sahelianos. No obstante, es muy probable que haya zonas similares de Malí, Senegal y Mauritania que hayan padecido condiciones más severas, por lo que no cabe mostrarse muy optimista. □

MOHAMED SKOURI, *agrónomo especializado en problemas de las zonas áridas, trabaja como especialista en la División de Ciencias Ecológicas de la Unesco.*

Este artículo se basa en otro más largo publicado en la revista de la Unesco La naturaleza y sus recursos, *volumen XX, n° 1, enero-marzo de 1984.*

El agua fósil

por Jean Margat y Kamal Saad



Mapas basados en *Map of the World Distribution of Arid Regions,* Unesco, 1977

Mapas de las zonas áridas del norte de Africa (arriba) y de las principales cuencas de sedimentación con acuíferos profundos (abajo).

EN las profundidades de la tierra yacen enormes cantidades de agua, elemento esencial para el florecimiento de la vida. Esta agua ha permanecido oculta durante milenios constituyendo enormes mantos acuíferos (capas de rocas porosas empapadas de agua) situados en las extensas cuencas sedimentarias que existen en todos los continentes.

El descubrimiento y la explotación de muchos de estos acuíferos comenzó en el siglo XIX, pero en algunos países su aprovechamiento intensivo data sólo de hace unos cuantos decenios.

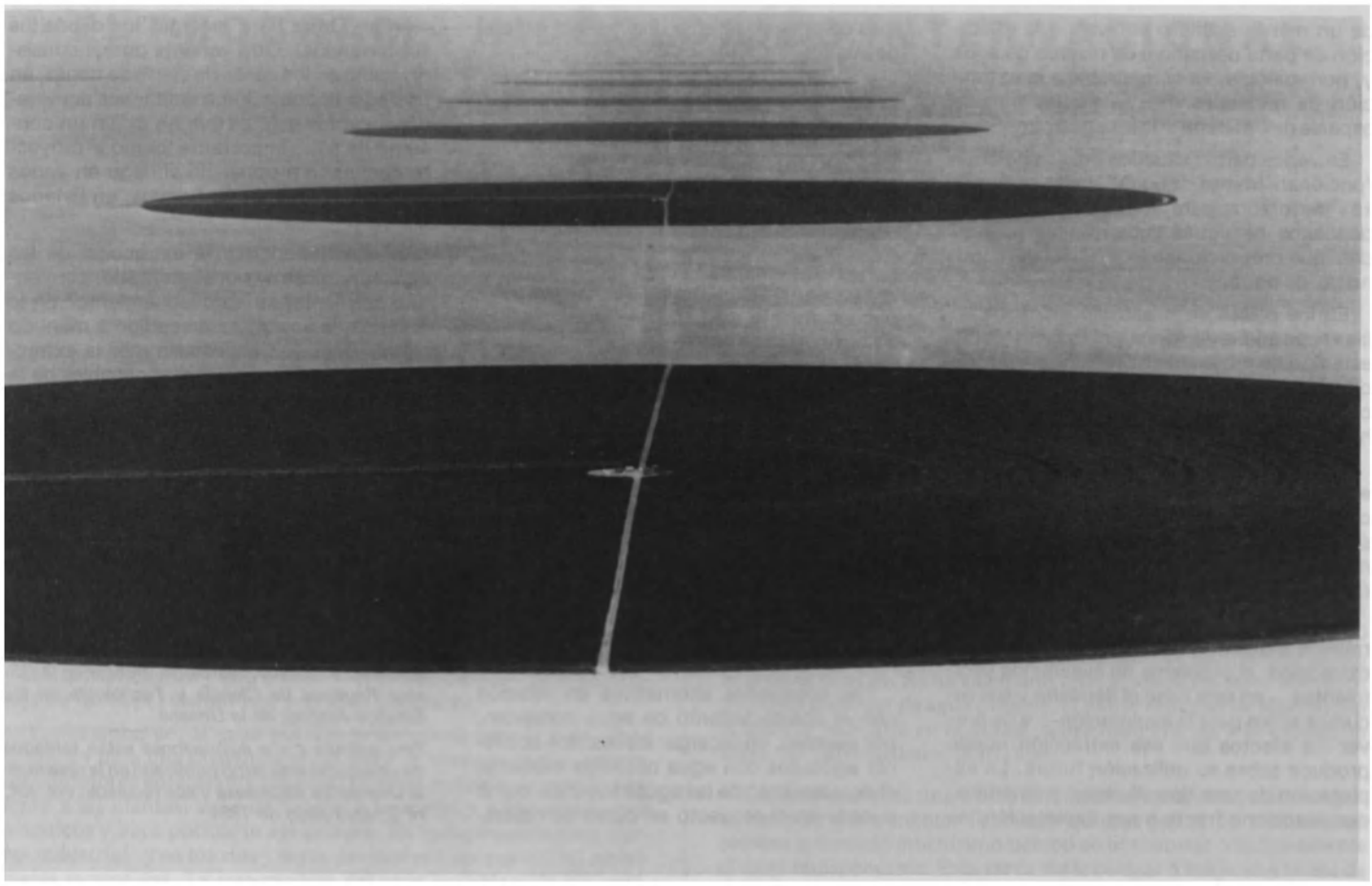
Como es natural, en las zonas áridas tales depósitos han adquirido una importancia excepcional, siendo a veces la única fuente permanente de abastecimiento de agua. Afortunadamente se han descubierto un gran número de ellos en el subsuelo de varios países situados en las zonas áridas y, en particular, en la inmensa zona desértica que se extiende desde el océano Atlántico hasta el golfo Pérsico abarcando el norte del continente africano (el Sahara) y la Península Arábiga (véase el mapa).

La principal preocupación de estos países era, naturalmente, perfeccionar las técnicas de prospección y de explotación de los recursos hídricos. Así, se ha multiplicado la perforación de pozos y a menudo la producción de agua ha alcanzado un incremento substancial en cada cuenca.

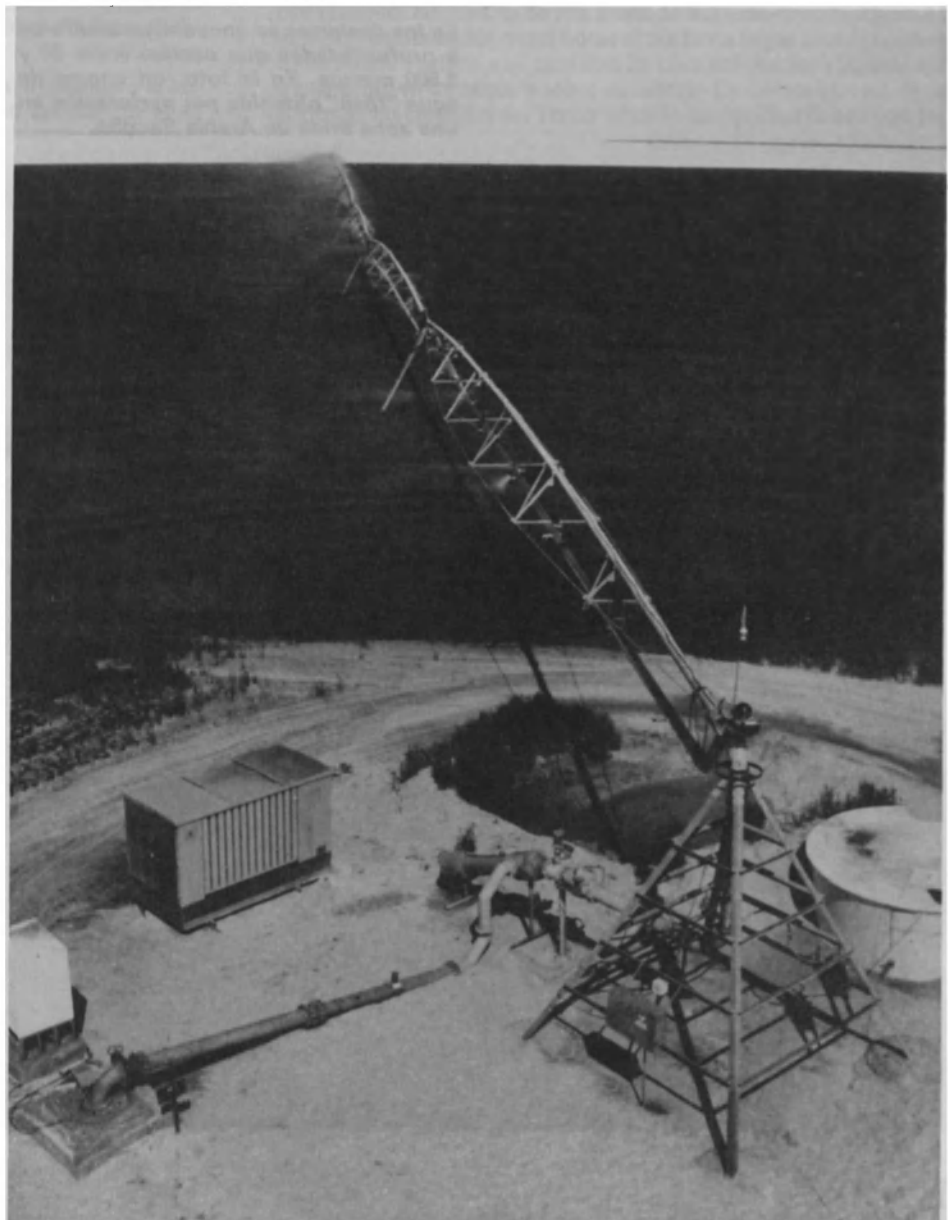
La explotación intensiva tuvo como consecuencia previsible la reducción de los niveles del agua y en algunos casos el deterioro de su calidad. Rápidamente se puso de manifiesto la necesidad de establecer una estrategia a largo plazo para la explotación de cada cuenca en su conjunto.

Las investigaciones realizadas en algunos países han demostrado que el agua contenida en estos acuíferos profundos constituye un recurso no renovable. Era evidente la necesidad de elaborar una concepción especial de los recursos hídricos y de los procedimientos destinados a la evaluación. Un ejemplo de este nuevo tipo de enfoque sobre el problema es el estudio de la Unesco titulado *Proyecto de estudio sobre los recursos de agua en el Sahara septentrional.*

En términos absolutos, es muy difícil que las aguas freáticas puedan existir independientemente del ciclo natural del agua. Sin embargo, su velocidad de desplazamiento difiere según los diferentes acuíferos y, en consecuencia, las distancias que recorre pueden presentar variaciones importantes. Cuando el agua debe cubrir distancias que van de los cien a los mil kilómetros a una velocidad de unos cuantos metros al año sola-



Arriba, vista aérea de un ingenioso sistema giratorio de riego que aprovecha el agua extraída de los acuíferos profundos del norte de Africa para transformar zonas desérticas en tierras de cultivo. En la región de Sarir, Jamahiriya Arabe Libia, la excavación de 500 pozos ha permitido cultivar 50.000 hectáreas que antes eran estériles. A la derecha, en el centro de una zona irrigada, un pozo equipado con un mecanismo cuyo largo brazo aspersor puede moverse en todos los sentidos y regar así una superficie de unas 80 hectáreas.



Fotos © SATEC Developpement

mente, su permanencia en el subsuelo puede prolongarse durante decenas de miles de años.

Esto no significa que el agua "fósil", como la llaman los hidrólogos, contenida en esos vastos depósitos subterráneos sea un agua estancada o que no esté sometida a un proceso de renovación. Simplemente, ello quiere decir que su renovación es extremadamente lenta.

En sentido estricto, resulta incorrecto definir estas aguas como un recurso no renovable, ya que lo son sólo en relación con su utilización por el hombre, es decir en una escala temporal humana. Si tomamos como base la escala más amplia del ciclo natural del agua, el agua extraída no se pierde sino que simplemente se transfiere y modifica.

No obstante, la estructura geológica de la que provienen los recursos hídricos puede sufrir cambios irreversibles como consecuencia de la explotación intensiva, tales como la compresión del terreno o la infiltración de agua salada. De este modo, el aprovechamiento de los recursos provenientes ▶

▶ de un manto acuífero equivale a la utilización de parte del capital de reserva de agua y, por analogía, es comparable a la extracción de minerales. Se trata pues de una especie de "minería" de las aguas freáticas.

En varios países situados en la zona árida funcionan "minas de agua", campos de pozos perforados para la explotación de los depósitos de aguas subterráneas profundas, que proporcionan lo esencial del suministro de agua.

En los países en desarrollo ubicados en las zonas áridas de Africa y el Oriente Medio este tipo de proyectos ha tenido una amplia difusión y existen planes para su intensificación, como por ejemplo en el norte del Sahara (Argelia y Túnez), en Egipto y en Libia.

Decidir acerca de la conveniencia o no de explotar las aguas freáticas, cuya utilización conduce a su agotamiento, ha dejado de ser un problema académico desde el momento en que esa explotación es hoy corriente.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas plantea, como toda operación de extracción, el problema de evaluar los yacimientos —en este caso el depósito y sus recursos aptos para la explotación— y de prever los efectos que esa extracción puede producir sobre su utilización futura. La explotación de este tipo de reserva dinámica, que reacciona frente a esa explotación, es más compleja que la de una reserva mineral pasiva.

Por otra parte, los costos de extracción se elevan a medida que desciende el nivel del agua, particularmente cuando han de substituirse los métodos artesanales de aprovechamiento por estaciones de bombeo y cuando la productividad de los pozos disminuye debido a la compresión del manto acuífero.

Si observamos el problema con una perspectiva más amplia, surgen interrogantes en torno a las desventajas a largo plazo que puede entrañar el aprovechamiento de estos recursos. Así, las ventajas en favor de una o dos generaciones se consiguen en perjuicio de las generaciones futuras. Hay que elegir entre las posibilidades de incrementar al máximo la producción de agua con miras a acelerar el desarrollo socioeconómico en beneficio de la generación presente o repartir su producción en períodos relativamente largos, lo que permitiría, por ejemplo, una adaptación más fácil a las necesidades eventuales de una economía hídrica diferente.

Las soluciones alternativas en relación con el abastecimiento de agua consisten, por ejemplo, en recargar los mantos acuíferos agotados con agua obtenida mediante el desalamiento de las aguas marinas (como sucede en el proyecto en curso de realización en Qatar para recargar los depósitos subterráneos). Otra variante podría consistir, como en los casos de cierre de minas, en trasladar la población o limitar sus actividades a ciertas esferas que no exijan un consumo de agua importante (como el proyecto destinado a poner fin al riego en varios distritos del estado de Arizona, en Estados Unidos).

¿Debe fomentarse la extracción de las aguas freáticas o, por el contrario, convendría desalentar su aprovechamiento? En la práctica, la acción ha precedido a menudo al análisis, decidiéndose sin más la extracción. De este modo, los responsables de la gestión de las aguas deben decidir hoy entre mantener las actuales tendencias e incluso profundizarlas o bien optar por su modificación con el fin de prolongar las posibilidades de producción de agua a un nivel más reducido. □

JEAN MARGAT *es un hidrólogo francés que trabaja en la Oficina de Investigaciones Geológicas y Mineras de Orleans, Francia.*

KAMAL F. SAAD, *hidrólogo, trabaja en la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología en los Estados Arabes, de la Unesco.*

Este artículo y sus ilustraciones están tomados de un estudio más largo publicado en la revista de la Unesco La naturaleza y sus recursos, *vol. XX, nº 2, abril-junio de 1984.*

En los desiertos se encuentran acuíferos a profundidades que oscilan entre 50 y 1.500 metros. En la foto, un chorro de agua "fósil" obtenido por perforación en una zona árida de Arabia Saudita.



Foto ©El Correo Johnson

Por una administración racional del agua

LA mitad de la población del mundo —dos mil millones de hombres, mujeres y niños— no dispone de agua potable en cantidad suficiente. En las zonas rurales, donde la situación se agrava aun más, sólo el 29 por ciento dispone de agua en cantidad y calidad suficientes y aun menor —el 13 por ciento— es el porcentaje de quienes cuentan con servicios higiénicos.

Y, sin embargo, el agua potable es necesaria para la vida, para la salud y para una existencia productiva. Si carecen de ella, animales y hombres enferman y mueren. El agua potable provee de sustento a las plantas, sirve de hábitat a los peces y a los organismos acuáticos y hace posible la agricultura. Es indispensable para ciertas industrias, y en los ríos y lagos permite el transporte y las actividades recreativas. La importancia del agua potable y de los servicios higiénicos la reconocieron las Naciones Unidas al designar el periodo de 1981 a 1990 como Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental.

El agua —o su ausencia— plantea muy graves problemas a la humanidad. La Organización Mundial de la Salud calcula que el 80 por ciento de las enfermedades que afectan a la población terrestre se relacionan directamente con el agua; por ejemplo, 400 millones de personas sufren de gastroenteritis, 200 de esquistosomiasis y 30 de oncocercosis; pues bien, en la transmisión de las tres afecciones interviene el agua. Se ha calculado que, si todos los seres humanos pudieran disponer de agua potable, el índice mundial de mortalidad infantil se reduciría en la mitad, sobre todo gracias a la educación sobre las enfermedades diarreicas.

Quienes sufren de una u otra enfermedad están incapacitados para trabajar eficazmente. Pero aun quienes gozan de buena salud pierden a menudo muchísimo tiempo en procurarse cotidianamente el agua indispensable. Esta tarea suele obligar a mujeres y niños de los países en desarrollo a recorrer diariamente largas distancias. Por ejemplo, las madres de una aldea de Burkina-Faso (antiguo Alto Volta) caminan dos o tres horas al día hasta llegar a un río o charco de donde vuelven a su casa con 25 kilos del precioso líquido que transportan en un cántaro sobre su cabeza. En ciertos barrios de tugurios de las ciudades del Tercer Mundo las familias tienen con fre- ▶

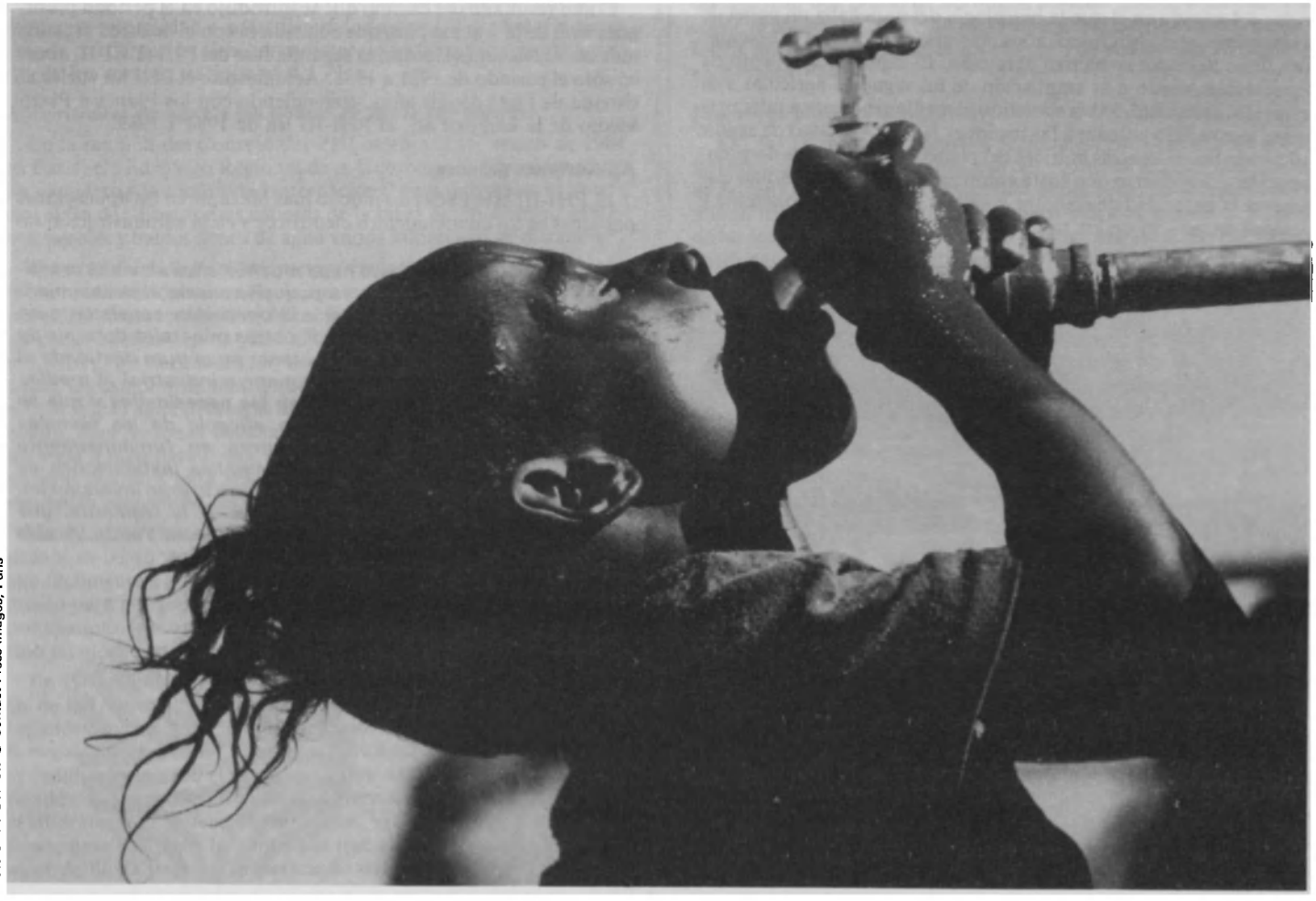


Foto David Burnett © Contact Press Images, Paris

▶ cuencia que gastarse el 10 por ciento de lo que ganan en comprar agua para los usos domésticos.

Para la mayoría de la población mundial el problema fundamental es la *escasez de agua*. Pero también su *exceso* puede resultar muy grave, como cuando las inundaciones asolan aldeas enteras y arrastran las cosechas a su paso. También las *marejadas* o *maremotos* representan una gravísima amenaza para los campesinos que viven junto a la costa.

Muchos de estos problemas son el resultado de que el hombre no tenga aun un conocimiento cabal de la forma en que el agua dulce se desplaza a través del planeta, recupera su volumen mediante la lluvia y desaparece en la atmósfera por evaporación. Otros problemas tienen su origen en la mala administración, o falta total de administración, de las existencias de agua terrestres por el hombre. La contaminación y el enriquecimiento excesivo (eutropización) de las aguas continentales son graves problemas a escala mundial, mientras las zonas costeras de los océanos, donde viven los dos tercios de la población mundial, se han visto sometidas a enorme presión como consecuencia del progreso económico de sus habitantes.

Curiosamente, el agua dulce que la humanidad necesita para su subsistencia, su higiene y sus actividades productivas representa sólo el 0,8 por ciento del agua existente en el planeta. El agua es, en efecto, un recurso abundante que cubre el 70 por ciento de la superficie terrestre, pero lo malo es que en su mayor parte (el 97,4 por ciento) es agua marina y en el 1,8 por ciento agua helada de las regiones polares.

El futuro va a presenciar una agravación de los problemas que plantea el agua potable a menos que se tomen las medidas precisas para mejorar la forma en que la humanidad administra tan precioso recurso. Los programas de la Unesco intentan justamente contribuir a esa gestión más racional. Los objetivos consisten en profundizar los conocimientos científicos y técnicos, capacitar al personal necesario, crear centros de investigación y de formación y estimular la participación de la población interesada en la conservación y desarrollo de los recursos hídricos.

El programa de la Unesco se ocupa tanto del agua dulce como de los océanos, pero, dada la enorme envergadura de uno y otro tema, este número de *El Correo de la Unesco* tratará sobre todo de algunos problemas esenciales relacionados con el desarrollo y la administración racionales de los recursos de agua dulce.

Las actividades de la Organización en esta materia se iniciaron en 1950, cuando lanzó un programa de investigaciones sobre las zonas áridas del mundo en el que la hidrología desempeñaba un papel de primera importancia. Quince años después, en 1965, los problemas mundiales del agua se habían agravado. El rápido crecimiento de la población, unido a la ampliación de los regadíos agrícolas y al desarrollo industrial, había sometido el medio ambiente a tales presiones que se hizo patente a las naciones la imposibilidad de seguir utilizando las existencias hídricas del planeta con la misma despreocupación y despilfarro que hasta entonces. Todos comprendían claramente la necesidad de elaborar y aplicar una política coherente y racional de gestión de los recursos hídricos.

Fue así como la Unesco emprendió el primer programa mundial de estudios del ciclo hidrológico: el Decenio Hidrológico Internacional. Este notable ejemplo de cooperación internacional, en el que participaron más de cien países, hizo una importante contribución al conocimiento de los procesos que intervienen en el ciclo del agua, a la evaluación de los recursos de las aguas superficiales y subterráneas y a la adopción de una actitud racional respecto de la utilización del agua.

El Programa Hidrológico Internacional

En vista de ello, la Conferencia General de la Unesco decidió en 1974 poner en marcha el Programa Hidrológico Internacional (PHI), cuya finalidad es elaborar una base científica para la gestión racional de los recursos hídricos, teniendo en cuenta tanto su cantidad como su calidad. El Programa intenta ayudar a encontrar soluciones a los problemas concretos del agua en países con diferente ubicación geográfica y con distintos niveles de desarrollo tecnológico y económico y es la clave de bóveda del programa de la Organización sobre el agua dulce. Su carácter es indefinido; así, en marzo de 1984 el Consejo Intergubernamental del PHI aprobó en París la tercera fase de sus actividades, a la que se ha designado con el hombre de PHI-III.

La labor del PHI se realiza a través de los Comités Nacionales y los Puntos Focales Nacionales. A fines de 1983 se habían creado Comités Nacionales en 101 Estados Miembros de la Unesco y Puntos Focales Nacionales en otros 31, con lo que participaban en el Programa un total de 132 Estados Miembros.

En el PHI-III se incluyen una serie de proyectos relativos a 18 cuestiones fundamentales, que van desde la evaluación del papel de la nieve y el hielo en el ciclo hídrico hasta el acopio de información sobre la repercusión de los cambios climáticos en las sequías y las inundaciones catastróficas y la aplicación de las nuevas técnicas tales como la exploración mediante satélites a los estudios sobre los recursos hídricos.

Durante la aplicación del PHI-I se dio prioridad a la educación y la formación. Así, entre 1975 y 1980 se formaron casi 1.500 especialistas en cursos organizados o auspiciados por la Unesco. Ello suponía un 50 por ciento más que durante el programa anterior, es decir el Decenio Hidrológico Internacional. De 1981 a 1983 más de 600 especialistas en ciencias hidrológicas de los países en desarrollo recibieron formación con los auspicios de la Unesco.

Como resultado del cambio que se introdujo en el periodo presupuestario de la Unesco para que coincidiera con el de otros organismos de las Naciones Unidas, la segunda fase del PHI (PHI-II) abarcó sólo el periodo de 1981 a 1983. Actualmente el PHI ha vuelto al sistema de fases de seis años, coincidiendo con los Planes a Plazo Medio de la Unesco; así, el PHI-III ira de 1984 a 1989.

Aplicaciones prácticas

El PHI-III está haciendo mucho más hincapié en las aplicaciones prácticas de los conocimientos científicos y en la administración ra-

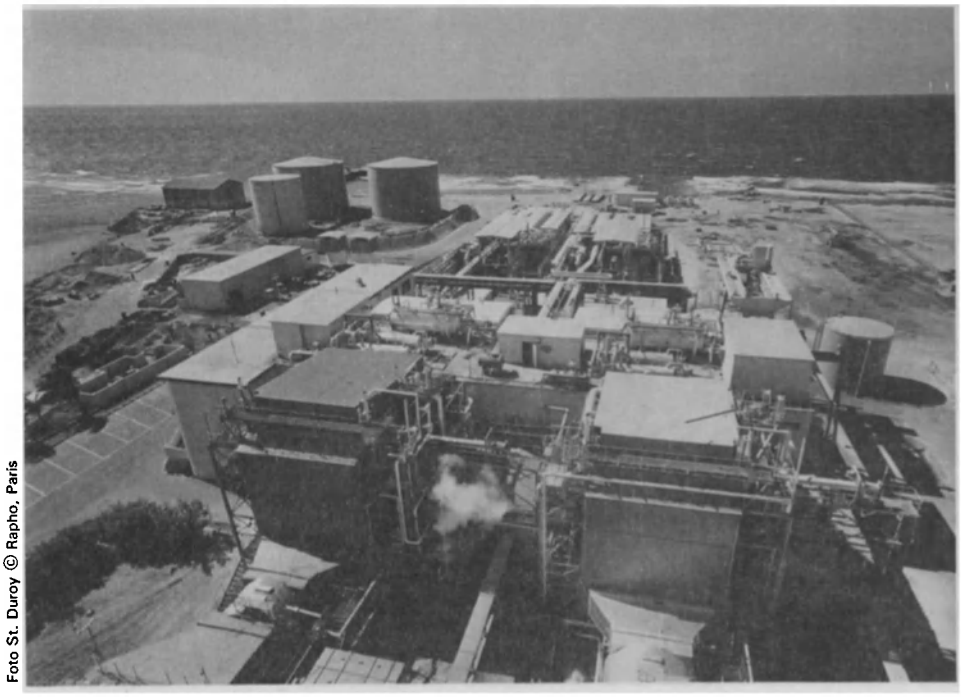


Foto St. Duroy © Rapho, París

Desde hace muchos años se viene practicando en pequeña escala el desalamiento, es decir la operación consistente en retirar la sal y otros minerales del agua de mar para obtener agua pura destinada al consumo humano o industrial. A medida que aumentan las necesidades y que se incrementa la eficacia de las técnicas empleadas, entran en funcionamiento nuevas y más amplias instalaciones de desalamiento, pese a la gran inversión inicial que requieren. A la izquierda, una instalación de ese tipo en Yedda, Arabia Saudita.



Foto © Claude Sauvageot, París

Una familia media formada por los padres y cinco hijos necesita unos 40 litros de agua diarios para sobrevivir y unos 200 para vivir en buenas condiciones de aseo e higiene. En numerosas regiones de Africa y Asia las mujeres y los niños dedican hasta ocho horas diarias a la dura tarea de acarrear agua para los usos domésticos. En la foto, una mujer y una niña de Níger sacando agua de un agujero hecho en tierra.

cional del agua, si bien el Programa seguirá ocupándose de las ciencias hidrológicas tradicionales. En la fase actual se intenta también con mayor ahinco llegar a un público al que antes no se habría considerado dentro de los límites de la actividad científica, como los planificadores, los responsables políticos y el público en general. Se da también gran importancia a los proyectos de demostración, con vistas a reforzar los conocimientos. Y se hace asimismo hincapié en la aplicabilidad inmediata de los resultados. Todos estos aspectos se manifiestan en los Proyectos principales regionales de que se habla más adelante. Otra característica del Programa es la idea de utilizar las nuevas técnicas, tales como la teledetección desde satélites, para el estudio de los recursos hídricos.

Un aspecto notable del PHI en su conjunto es su carácter abierto y participatorio: el Programa funciona porque un gran número de especialistas y de organizaciones profesionales de todo el mundo reconocen su necesidad y están dispuestos a participar en él. En general esta participación tiene un carácter voluntairo y se efectúa a través de los comités nacionales del PHI.

Aprovisionar de agua a los pobres de las zonas rurales

En la reunión del Consejo del PHI celebrada en marzo de 1984 en París, el Hidrólogo Regional de la Unesco para Africa lanzó un llamamiento a la comunidad internacional para que preste su ayuda con el fin de "liberar más cabezas de la tarea de transportar cántaros, peroles y baldes llenos de agua varios kilómetros de distancia".

Tal es la finalidad del Proyecto principal regional de la Unesco sobre la utilización racional y la conservación de los recursos hídricos en las zonas rurales de Africa. (Existen otros programas similares para América Latina y el Caribe y para los Estados árabes). En el Africa al sur del Sahara hay zonas en las que, como señalábamos antes, las campesinas tienen que caminar varias horas diarias para procurarse el agua necesaria durante la estación seca. Tradicionalmente, esas personas llevaban un vida nómada, trasladándose de un lugar a otro para mejor aprovechar el agua, lo que les impedía adoptar métodos para almacenar el precioso líquido. Pero, al aumentar la población, las reservas de agua se han agotado.

En el Lejano Oriente, donde las tradiciones son diferentes, los aldeanos de las zonas donde el agua subterránea es salobre se han hecho fácilmente a la idea de construir depósitos de uralita o fibrocemento para almacenar el agua de lluvia. En el norte de Tailandia, por ejemplo, los campesinos han construido 1.500 depósitos de este tipo en ejecución de un proyecto autónomo.

En 1983 el Instituto Asiático de Tecnología organizó, con la ayuda de la Unesco, un seminario y una gira de estudio de las aldeas tailandesas para funcionarios africanos de Benin, Ghana, Liberia, Senegal, Sierra Leona, Zambia y Burkina-Faso, con el fin de que se familiarizaran con el uso de la uralita para recoger el agua de los tejados. El grupo asistió a varias conferencias en el Instituto y visitó el laboratorio de prueba de materiales. Viajó también a Java, Indonesia, para examinar la utilización que allí se hace de depósitos de agua de lluvia para poder prescindir del agua potable.

Tras la gira, los participantes recomendaron la introducción de la uralita en Africa y la creación de centros de formación y de proyectos experimentales. Posteriormente, la Unesco ha propuesto al gobierno de la República del Congo que facilite fondos para construir unos 20 depósitos de uralita con objeto de poner de manifiesto la viabilidad de esta técnica en las zonas rurales africanas.

Otro método posible para proporcionar agua a las zonas amenazadas por la sequía es construir diques bajo la superficie. Se trata de simples planchas de metal colocadas perpendicularmente a la dirección de la corriente bajo el lecho arenoso y seco de los ríos. Los diques producen una acumulación de las aguas subterráneas que puede aprovecharse haciendo agujeros con taladro, y a veces producen depósitos de arena al retener la que arrastra la corriente durante las crecidas. Un proyecto ejecutado en Botswana ha permitido construir dos *presas de hormigón armado* gracias a las cuales el cauce arenoso del río se ha elevado aproximadamente un metro. Otros proyectos similares están en curso de realización en Kenia y en Burkina-Faso.

Proyectos principales regionales

Así, los Proyectos principales regionales, emprendidos en 1981, intentan contribuir al crecimiento del potencial técnico y científico en la zona en cuestión, al desarrollo de las redes de información y a la utilización racional de los recursos hídricos gracias al empleo de las técnicas más adecuadas para la situación local. En el Proyecto africano se incluye la publicación de un repertorio de los actuales sistemas y métodos hidráulicos rurales, con la idea de determinar los ejemplos más baratos y prometedores.

La finalidad del Proyecto principal regional de los *Estados árabes* es fomentar la conservación y el mejoramiento de los sistemas hídricos tradicionales para su utilización en las zonas rurales. También aquí se está haciendo un repertorio de los métodos tradicionales, esta vez con la colaboración del Centro Arabe para las Tierras Aridas y Secas. Se está estudiando la mejor manera de aplicar esos sistemas en las condiciones actuales y cómo pueden servir de complemento a los sistemas hídricos existentes. Se prepara también una serie de materiales para la formación de ingenieros y técnicos; otro tipo de material va dirigido a los responsables políticos y al público en general.

El Proyecto principal regional de América Latina y el Caribe se propone objetivos similares: dar nueva vida a las zonas rurales combinando las técnicas tradicionales y las modernas en *sistemas baratos y bien adaptados*. Se fomentarán los programas nacionales de educación y formación utilizando para ello los medios modernos de comunicación (radio, vídeo, cine, carteles, manuales, etc.).

Entre los proyectos que se prevé realizar en esta región cabe citar los encaminados a obtener agua en las zonas áridas a partir de fuentes no tradicionales como la *niebla* y el *rocío*. Otros proyectos intentarán obtener energía para el transporte y desalar y extraer agua aprovechando las grandes *fluctuaciones diarias de las temperaturas*, las *corrientes de agua* y la *radiación solar*. Hay también un gran ▶

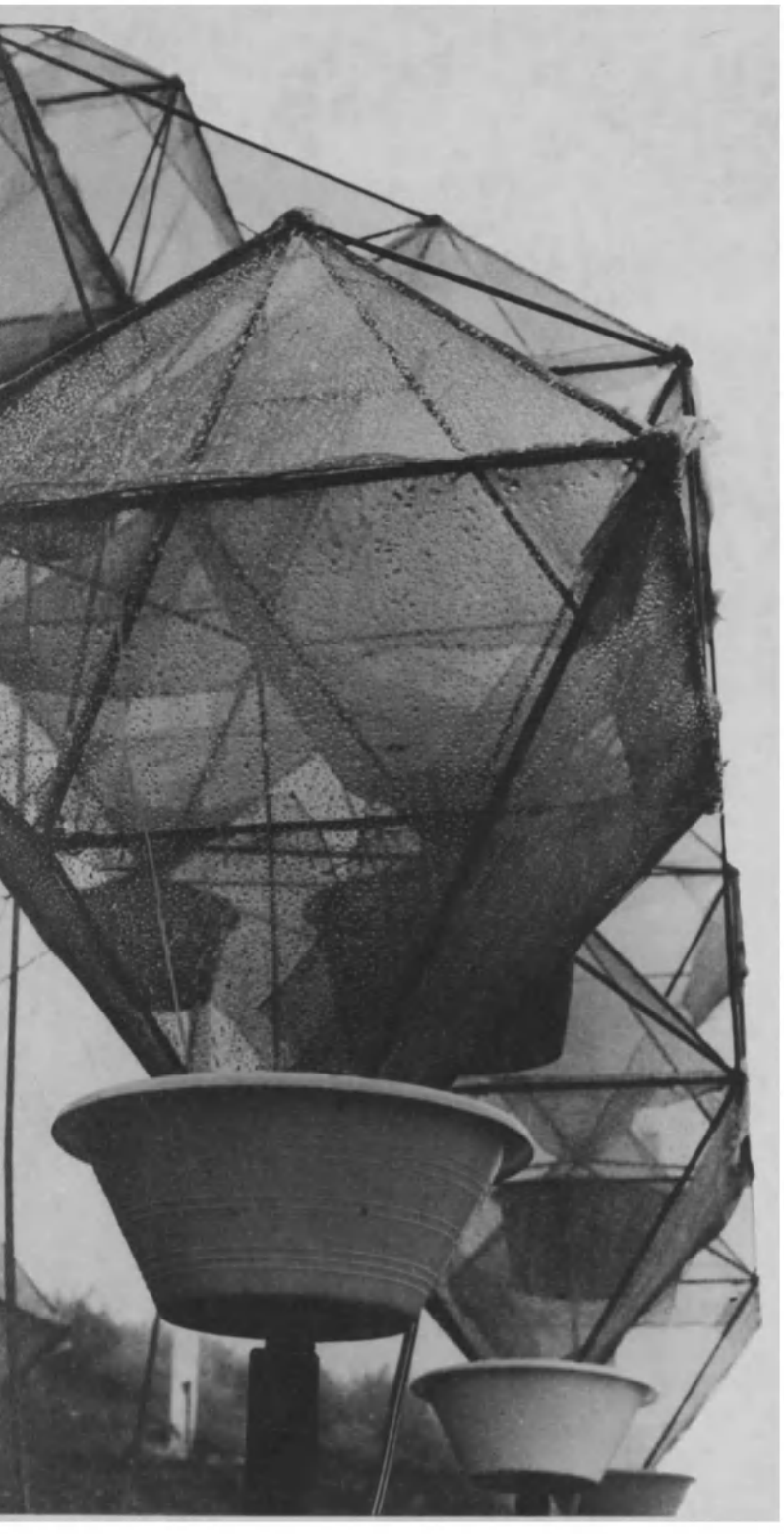


Foto Christian Gischler, Unesco

Estas curiosas estructuras octogonales contribuyen a resolver el problema de la perpetua escasez de agua en las regiones costeras de América del Sur. Instaladas en sitios experimentales de Chile, Perú y Ecuador como parte del Proyecto principal regional sobre la utilización racional y la conservación de los recursos hídricos en el medio rural de América Latina y el Caribe, son verdaderas "trampas" para atrapar la neblina. Esta es frecuente en aquellas regiones debido al fenómeno llamado de "inversión termal" y a menudo constituye la única fuente local de agua dulce. Tales estructuras, hechas de tela de alambre común, captan la humedad y la condensan en agua. Cada octaedro puede producir hasta 200 litros por día.

De la secretaría del Programa Hidrológico Internacional (PHI) se encarga en la Casa de la Unesco, en París, la División de las Ciencias del Agua, que dirige Sorin Dumitrescu.

Bajo la supervisión del Consejo Intergubernamental del PHI, la Secretaría colabora estrechamente con los Comités Nacionales y los Puntos Focales para el PHI creados en más de 130 Estados Miembros. En cada una de las cinco Oficinas Regionales de la Unesco para la Ciencia y la Tecnología trabaja un experto en recursos hídricos que presta su asesoramiento y su ayuda.

Se mantienen estrechos contactos con otras organizaciones de las Naciones Unidas interesadas por los problemas de los recursos hídricos, tales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

▶ interés en los problemas de la gestión del agua y de la lucha contra la erosión mediante la aplicación de técnicas tales como la construcción de *terrazas* y de *estanques campesinos* y métodos que ahorran agua tales como el riego mediante *recipientes porosos.*

Otros proyectos particulares

Además de los incluidos en su presupuesto anual, la Unesco administra una serie de proyectos particulares financiados con fondos exteriores a la Organización. Esos proyectos tienen por objeto las investigaciones aplicadas, la educación y la formación, la evaluación de los recursos hídricos y la creación de centros. Por ejemplo, en *Argelia* y *Túnez,* un estudio de las aguas subterráneas en el Sahara septentrional, terminado en 1972, estableció los *límites del aprovechamiento* tanto de los acuíferos superficiales como de los profundos en esa zona. Los resultados se presentaron de forma que pudieran ser utilizados por los ministerios de planeamiento.

Cooperaron en el proyecto el Organismos Internacional de Energía Atómica y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

En *Portugal* un estudio ambiental del estuario del Tajo (1977-1982), que se ocupó de los aspectos cualitativos de la administración de los recursos hídricos, va a constituir la base científica en la que el gobierno de ese país fundará sus *normas sobre contaminación y medio ambiente* y sus decisiones en materia de *obras de depuración de aguas usadas.* En las Islas Canarias (España), Brasil, Zambia y Mozambique se han llevado a cabo otros proyectos de evaluación de los recursos hídricos.

En *Sudán* la Unesco ha ayudado desde 1974 al Ministerio de Riegos, utilizando fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a crear una estación de investigaciones hidráulicas en Wad Medani, que se está convirtiendo progresivamente en la sección del ministerio encargada de estudiar técnicamente los recursos hídricos. La estación llevará a cabo toda una serie de estudios hidrológicos e hidráulicos. Otros proyectos semejantes se han realizado en Brasil, India y Argentina.

En *Nigeria* se ha aplicado otro proyecto Unesco-PNUD, esta vez con la cooperación de la Organización Meteorológica Mundial, que desde 1978 ha ayudado al Ministerio Federal de Recursos Hídricos a crear un *Instituto Federal de Recursos Hídricos.* Hasta ahora se ha dado prioridad a la formación de ingenieros de nivel medio especializados en la materia. Otros proyectos similares se han puesto en práctica en Brasil, Tanzania e India.

En *Suecia, Sicilia, India* y *Tanzania* la Unesco ha organizado *cursillos de formación* para especialistas de todos los niveles.

El rasgo esencial, y peculiar, de todas las actividades de la Unesco en materia de ciencia y de tecnología es su carácter internacional: ninguna otra organización está en condiciones de movilizar todos los recursos científicos del planeta. Por otra parte, corresponde en gran parte a la Organización el mérito de haber creado algunos de los organismos y sistemas científicos internacionales más importantes de la actualidad, como los que ya hemos señalado, y respaldado y fomentado sus actividades. Como el agua es en gran parte un recurso transnacional, sólo una organización que trabaje en colaboración con los gobiernos, como hace la Unesco, podía desempeñar tal papel. ■

Este texto está tomado de un folleto que prepara David Spurgeon, escritor científico de la Unesco, y que ésta publicará en 1985 con el título de Administrar las aguas del planeta. *En él se abordarán también los problemas relativos a los océanos.*

Las lluvias ácidas

Una contaminación transnacional

AUNQUE en realidad sólo los agricultores se alegran de ver la lluvia, todo el mundo es consciente de su importancia. La humanidad ha reverenciado desde tiempos inmemoriales lo que Tennyson llamaba "la útil molestia de la lluvia". Sin los 120.000 kilómetros cúbicos de lluvia que caen todos los años, los continentes serían páramos inhóspitos.

Actualmente, sin embargo, la lluvia ha adoptado en ciertas partes del planeta un carácter complejo y amenazador, ya que se mezcla en el aire con la contaminación procedente de la quema de combustibles fósiles —sobre todo en centrales eléctricas, fábricas y vehículos de motor— y hace caer diluidos con ella ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estos compuestos químicos, que están diezmando los peces y otras formas de vida acuática, corroen también los edificios, incluidos algunos de los más importantes monumentos de la antiguedad. Por otra parte, pueden afectar a los bosques y cultivos y entrañan una grave amenaza para la salud.

La lluvia ácida no es fenómeno reciente, ya que el término fue acuñado por primera vez por el químico Robert Angus Smith, quien describió la contaminación en Manchester, Inglaterra, hace un siglo. Lo que es nuevo es la conciencia de que se trata de un problema internacional. Aunque el aire de ciudades como Manchester se ha limpiado en gran medida, gracias en parte a la construcción de altas chimeneas en las centrales eléctricas y fábricas, que lanzan sus contaminantes a gran altura en la atmósfera, estas chimeneas, que han mejorado la situación a nivel local al dispersar tales sustancias, han agravado las dificultades internacionales. Ello se debe a que los vientos son capaces de transportar en distancias de miles de kilómetros los compuestos de azufre y nitrógeno emitidos por la quema de combustibles fósiles, lo que puede producir, a su vez, lluvias ácidas en países que se encuentran a mucha distancia de los lugares de origen de dichas lluvias.

La cuestión de la lluvia ácida, que fue planteada en el plano internacional por Suecia en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo en 1982, se ha convertido en un tema ambiental básico de alcance internacional. En un principio las opiniones de Suecia fueron consideradas con ciertas reservas sobre todo por los países emisores. Sin embargo, durante el último decenio se han realizado un gran número de investigaciones internacionales sobre esta cuestión.

A fines de 1982 se disponía de amplia información gracias a las actividades del Programa cooperativo para la vigilancia y evaluación de la transmisión a larga distancia de contaminantes del aire en Europa (EMEP), en el marco de la Convención sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, de 1979, y a las actividades realizadas de conformidad con el Memorando de intención entre el Gobierno del Canadá y el de los Estados Unidos de América en relación con la contaminación atmosférica transfronteriza.

Además, en 1982 se celebró en Estocolmo una conferencia especial sobre acidificación del medio ambiente, en la que se examinó y evaluó gran cantidad de información científica de la que no se disponía anteriormente. Esta información ha sido de gran ayuda para preparar este trabajo.

Hasta el momento se ha considerado la lluvia ácida como un problema regional limitado a las zonas industriales del hemisferio norte. Sin embargo, y aunque el problema fue percibido por primera vez en esa región del mundo, cabe la posibilidad de que su ámbito geográfico se amplíe en mucho mayor medida, ya que pueden producirse lluvias ácidas en cualquier lugar donde se recurra de modo intensivo a los combustibles fósiles.

La acidificación es ya un problema ambiental, o está a punto de serlo, en varias regiones de Europa y América del Norte. Cerca de 10 millones de km² de esos continentes se encuentran ya afectados. De manera análoga, es probable que existan zonas contaminadas en otras partes del mundo, especialmente alrededor de las grandes aglomeraciones urbanas e industriales. Se desconoce sin embargo su ubicación, debido a la falta de datos disponibles.

Las precipitaciones ácidas en las regiones industriales del mundo son mucho más elevadas que las correspondientes a la época en que se inició la revolución industrial. Esto se debe a que las centrales eléctricas, algunos procesos industriales, los vehículos y los hogares emiten compuestos de azufre y nitrógeno, sobre todo mediante la quema de combustibles fósiles, que han hecho aumentar de manera notable la cantidad de estos compuestos en el medio ambiente.

Los procesos naturales también arrojan a la atmósfera compuestos de azufre y nitrógeno. No se sabe a ciencia cierta en qué medida estos procesos contribuyen a la contaminación en todo el planeta. Los cálculos varían entre 78 y 284 millones de toneladas de azufre por año en forma de óxidos de azufre y entre 20 y 90 toneladas de nitrógeno por año en forma de óxidos de nitrógeno.

En comparación, las actividades humanas producen entre 75 y 100 millones de toneladas de azufre anualmente. En consecuencia, y a pesar de las variaciones en los cálculos relativos a las fuentes naturales, cabe concluir que, en escala mundial, las emisiones de azufre originadas por la naturaleza y las actividades humanas son equivalentes en orden de magnitud.

Cabe imputar a la quema del carbón cerca del 60% de las emisiones originadas por las actividades humanas; la quema de productos derivados del petróleo da lugar a otro 30% y los diversos procesos industriales al 10% restante. Se ha calculado que la quema de combustible en las centrales eléctricas e industriales origina casi un 75% de las emisiones de azufre en los países de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.

Existen indicios de que las emisiones de anhídrido sulfuroso, que es el principal contaminante de Europa y América del Norte, no se han incrementado durante los últimos años, como se había previsto, y que no es probable que aumenten en las últimas décadas. Esto obedece a dos factores, a saber: un mejor control de la contaminación y una menor quema de combustibles fósiles como resultado de las medidas de conservación de energía y, probablemente, de un ritmo de crecimiento económico en Occidente inferior al previsto.

Como en el caso de la contaminación procedente del óxido de azufre, la naturaleza y el hombre producen, respectivamente, el mismo nivel de contaminación a partir de óxidos de nitrógeno. La quema de combustibles fósiles produce al año cerca de 20 toneladas de nitrógeno, cuestión que ya ha suscitado problemas ambientales en los planos regional y local de los países industrializados.

Este tipo de contaminación no se debe totalmente a la lluvia ácida, es decir, a la precipitación de ácidos sulfúricos y nítricos disueltos, ya que parte de ella se produce cuando los propios óxidos de azufre y nitrógeno caen sobre la tierra en el proceso que se conoce como de "depósito seco". En general, este fenómeno constituye con frecuencia la forma más importante de contaminación cercana a su fuente: la probabilidad de que los gases experimenten cambios complejos que los lleven a convertirse en lluvia ácida (depósito húmedo) y a caer quizás a miles de kilómetros de sus fuentes está en función directa de la permanencia de estos gases en la atmósfera. Los porcentajes de depósito húmedo se conocen en buena medida, pero resulta más difícil calcular los ▶

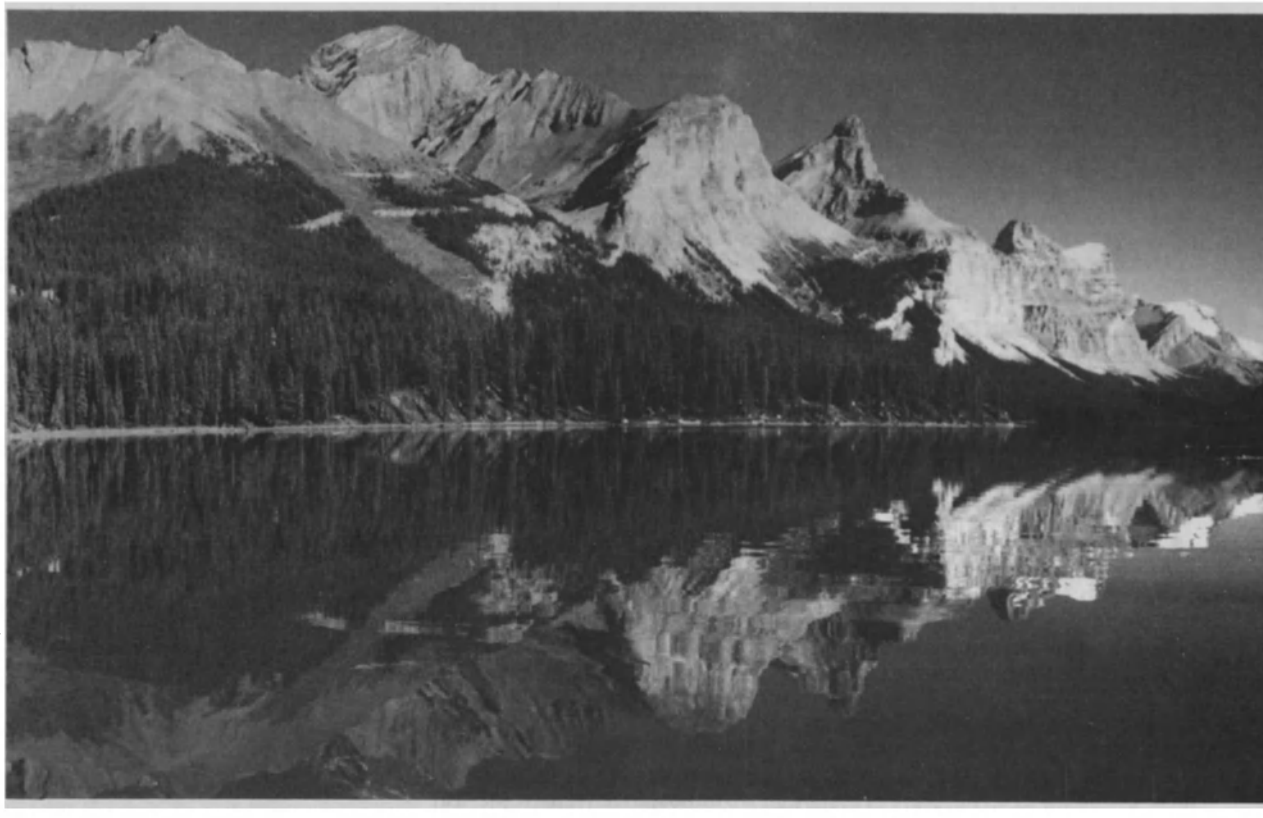


Foto Paolo Koch © Rapho, París

Es en los ríos y lagos donde se han advertido los primeros "síntomas" de la lluvia ácida. En Suecia, por ejemplo, se atribuyen a la acidificación los daños sufridos por las poblaciones de peces de 2.500 lagos y se estima que el fenómeno ha hecho su aparición en otros 6.500. De los 5.000 lagos del sur de Noruega, 1.750 han perdido todos sus peces y 900 están gravemente afectados. En Canadá cerca del 20 por ciento de todos los lagos examinados hasta el momento en Ontario se han acidificado en mayor o menor grado. Entre el 30 y el 60 por ciento de los lagos del Quebec sudoccidental son sensibles, a veces en alto grado, a la acidificación. En muchos lagos de las provincias atlánticas del Canadá la cantidad de ácido ha aumentado de 10 a 30 veces en los últimos decenios. En la foto, el lago Maligne, en la provincia de Alberta, Canadá, con los montes McLeod como telón de fondo.

▶ de depósito seco, lo que explica que éstos tengan un carácter más incierto. Cabe la posibilidad de que la cubierta de las copas de los árboles intercepte ambos tipos de depósito; la cubierta de los bosques perennes, en particular, puede soportar porcentajes elevados de depósito.

Los lagos y los ríos fueron las primeras víctimas reconocidas de la lluvia ácida. Cientos de lagos en diversas partes de Escandinavia, el noreste de los Estados Unidos, el sudeste del Canadá y el suroeste de Escocia se han vuelto ácidos. Estas regiones son particularmente vulnerables debido a que sus suelos y lechos rocosos ofrecen poca protección contra la lluvia ácida, por estar compuestos de minerales como granito, gneis y rocas ricas en cuarzo, que contienen poca caliza y no se descomponen fácilmente, lo que hace que no puedan neutralizar las precipitaciones ácidas.

La cantidad de aluminio en las aguas comienza a aumentar rápidamente a medida que éstas se hacen más ácidas. Ahora bien, concentraciones mínimas de 0,2 miligramos de aluminio por litro en las aguas ácidas son letales para los peces. Es así como se ha registrado una gran mortandad entre los peces de algunos lagos suecos, fenómeno que cabe atribuir al envenenamiento por el aluminio y no tanto al elevado nivel de acidez.

Por otra parte, los fosfatos, fuente de alimentación del fitoplancton y otras plantas acuáticas, se adhieren al aluminio y comienzan a escasear como nutrientes. Así pues, los niveles cada vez mayores de aluminio pueden reducir la producción primaria de la que dependen todas las otras formas de vida acuática. Además, a medida que el agua se vuelve más ácida, aumenta la solubilidad de otros metales, como el cadmio, el zinc, el plomo y el mercurio. Varios de ellos, que son muy tóxicos, pueden ser ingeridos por las diversas formas de vida acuática a través de las cadenas alimentarias, aunque hasta el momento no se han obtenido muchas pruebas de este proceso.

Los suelos se encuentran normalmente en mejores condiciones que los lagos, ríos y corrientes para resistir la acidificación, motivo por el cual pueden absorber cantidades muy superiores de ácido sin que ello produzca efectos ecológicos negativos evidentes. Su vulnerabilidad difiere en función de su tipo, clase de lecho rocoso que recubren y utilización por parte del hombre. Los suelos más vulnerables son aquellos cuyos lechos rocosos son pobres en calizas y están recubiertos de capas de tierra poco profundas que contienen ligeras concentraciones de sustancias protectoras. Los suelos de gran parte de Escandinavia son de este tipo.

Durante el decenio de 1970 se realizaron gran número de investigaciones experimentales sobre los efectos de la acidificación en los bosques, las tierras y la producción de madera. Aunque estas investigaciones siguen efectuándose, los resultados alcanzados hasta el momento no son concluyentes. Parece que las precipitaciones ácidas tienen efectos diferentes en la microbiología y la química de los suelos y en la fauna, pero los efectos sobre el crecimiento de las plantas, incluidos los árboles, resultan menos evidentes. No cabe duda de que el depósito de nitrógeno puede tener incluso un efecto de fertilizante e incrementar de manera apreciable la productividad, al menos a corto plazo.

Los estudios efectuados sobre las tendencias del crecimiento arbóreo en Suecia meridional entre 1950 y 1964 no revelan, por ejemplo, ninguna tendencia significativa desde el punto de vista estadístico.

Por otra parte, en 1982 se informó que el 7,7% de la superficie forestal de la República Federal de Alemania experimentó daños (7,5% leves, 19% medios y 6% graves) debido a una enfermedad esterilizadora ocasionada por el depósito y acumulación de contaminantes atmosféricos. Asimismo, los árboles se han mostrado más sensibles a los daños causados por las tormentas y han experimentado dificultades de regeneración. Estos bosques reciben una cantidad mucho mayor de precipitaciones que los escandinavos debido a su cercanía a las ciudades y a las grandes zonas industriales, como el Ruhr, donde se encuentran muchas fuentes de contaminación.

Una de las razones esgrimidas para explicar estos perjuicios radica en los efectos combinados de los incrementos de los ácidos producidos por vías naturales, las situaciones climáticas extremas (mucha o poca lluvia y temperaturas extremas) y el depósito de ácido en la atmósfera. Estos factores liberan aluminio en el suelo y facilitan la acción nociva de las bacterias en las raicillas de los árboles, que ven reducida su vitalidad y quedan expuestos a los peligros de la putrefacción y de las tormentas. Las altas concentraciones de anhídrido sulfuroso en la atmósfera pueden repercutir nocivamente en las hojas y reducir, por tanto, la productividad de los árboles. Las nieblas ácidas, cuando persisten durante varios días, pueden afectar también negativamente a los árboles en las regiones montañosas.

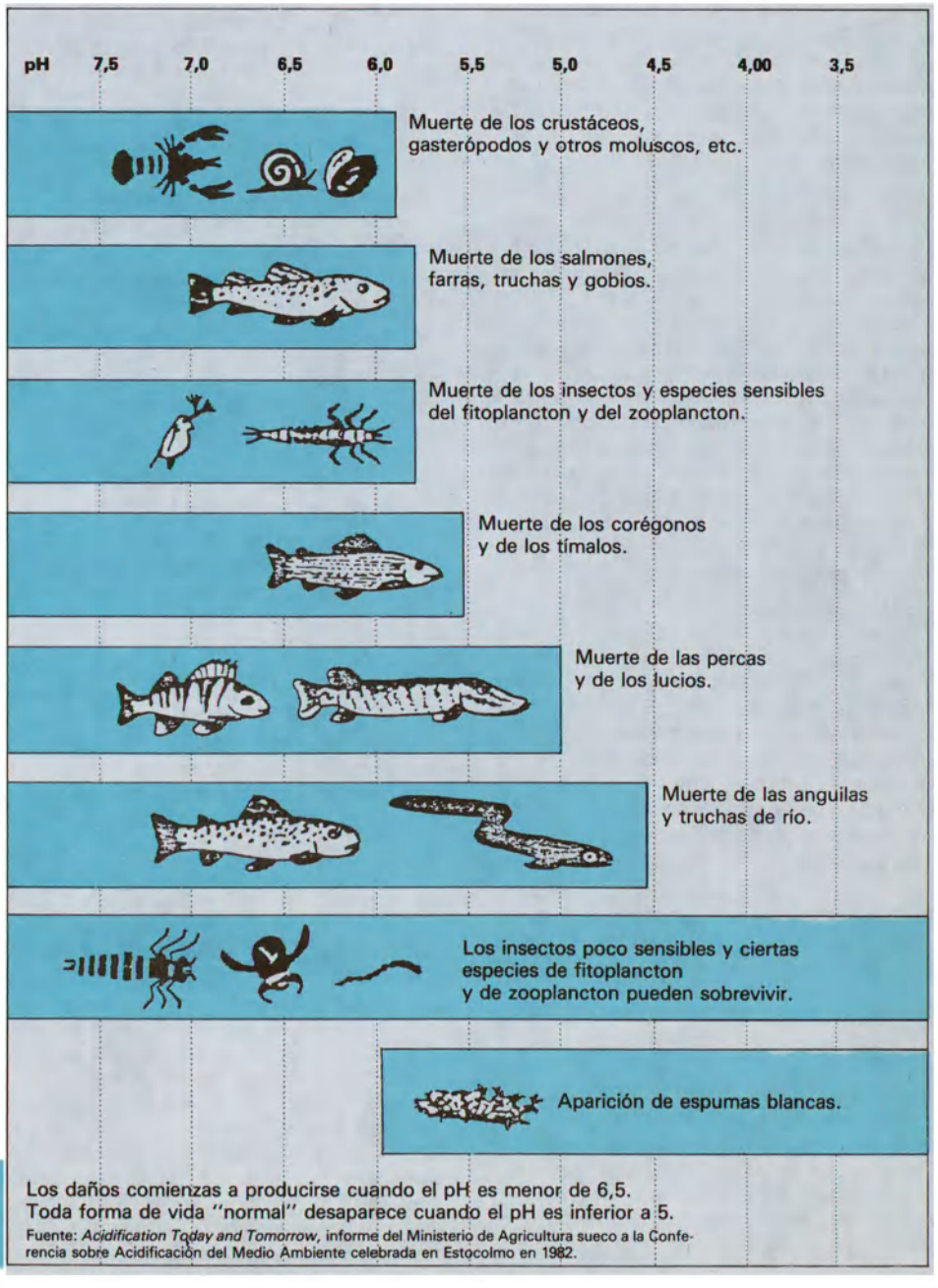
La contaminación supone una amenaza tanto para la salud de los econsistemas más importantes como para la del hombre. Desde hace largo tiempo se sabe que las altas concentraciones de anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno y polvo son perjudicia-



les. Esta cuestión guarda únicamente una relación marginal con el problema de la lluvia ácida, dado que tales concentraciones sólo se encuentran por regla general próximas a las fuentes de contaminación, y los niveles de óxido de azufre en muchas ciudades europeas y de América del Norte han disminuido recientemente.

Las concentraciones mínimas de anhídrido sulfuroso y bióxido de nitrógeno que se consideran como causa de daños para la salud son las siguientes: anhídrido sulfuroso, 250 microgramos por metro cúbico en un periodo de 24 horas o 100 microgramos por metro cúbico en un período medio más largo; y bióxido de nitrógeno, de 190 a 320 microgramos por metro cúbico, concentración a la que no se debe exponer una persona más de una hora por mes.

Hay sospechas de que existen otros peligros para la salud, esta vez indirectos, que pueden causar metales como el plomo, el cobre, el zinc, el cadmio y el mercurio liberados por los suelos y sedimentos al incrementarse su acidificación. Estas sustancias pueden pasar a las aguas subterráneas, los ríos, los lagos y las corrientes que se utilizan para obtener agua potable e incorporarse a las cadenas alimentarias que terminan en última instancia en el hombre. Las emisiones de cadmio, en particular, constituyen un problema cada vez más grave, a medida que aumenta la acidez, ya que sus niveles normales en la alimentación humana están muy cerca del porcentaje aceptable de ingestión diaria. Las aguas ácidas pueden galvanizar el hierro y hacer que las tuberías de agua construidas con cobre liberen metales, riesgo que aumenta cuando la acidez del agua se eleva por encima de su nivel normal. Sin embargo, los servicios públicos, que suministran la mayor parte del agua potable en los países industrializados, superan este problema mediante técnicas adecuadas de tratamiento. Ahora bien, en los países en ▶



Sensibilidad de los organismos acuáticos a la disminución del pH en las aguas dulces

Cuadro © *L'Observateur de l'OCDE*, París

▶desarrollo queda mucho por hacer a este respecto.

Los ácidos aceleran la corrosión de la mayoría de los materiales utilizados en la construcción de edificios, puentes, presas, equipo industrial, redes de suministro de agua, depósitos subterráneos de almacenamiento, turbinas hidroeléctricas y cables de electricidad y telecomunicaciones. Pueden dañar gravemente, asimismo, monumentos antiguos, edificios históricos, esculturas, ornamentos y otros importantes objetos culturales. La precipitación ácida está corroyendo algunos de los tesoros más importantes de la humanidad, entre ellos el Partenón de Atenas y la Columna de Trajano en Roma.

Los experimentos han demostrado que los materiales se corroen a un ritmo entre 2 y 10 veces más rápido en la atmósfera contaminada de la ciudad y la industria que en el campo. El acero al carbón (tanto revestido como sin revestimiento), el zinc, el acero galvanizado, el cobre, el níquel y el acero revestido de níquel, la arenisca y la piedra caliza se corroen con mayor rapidez cuando aumenta la cantidad de anhídrido sulfuroso en la atmósfera. Por otra parte, materiales como el aluminio y el acero inoxidable resultan muy poco afectados.

Salvar nuestros lagos y bosques

LOS daños a las aguas pueden mitigarse añadiendo calizas a los lagos, ríos y corrientes, así como a sus zonas de captación. Muchos agentes químicos, como la sosa caústica, el carbonato de sodio, la cal viva, la piedra caliza o la dolomita, pueden utilizarse para contrarrestar la acidez. La cal viva y la piedra caliza son los más empleados. Suecia empezó un programa de alcalinización en el otoño de 1976 y en el verano de 1982 cerca de 1.500 lagos suecos habían sido ya alcalinizados a un costo total de unos 15 millones de dólares.

La alcalinización contrarresta varios síntomas de la acidificación, pero no es una solución definitiva, por ser impracticable en muchos lagos y aguas corrientes y no ir al fondo del problema. No obstante, debería considerarse como una medida provisional que ofrece un cierto grado de defensa hasta que puedan reducirse las emisiones de contaminantes a un nivel satisfactorio.

La única solución duradera consiste en reducir las emisiones de los contaminantes. Los controles estrictos, al margen de los efectos que puedan tener sobre la protección de las aguas y bosques, supondrían un ahorro de varios miles de dólares al reducir la corrosión. La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) realizó un primer intento en 1981 con miras a elaborar un procedimiento de cuantificación de costos de la corrosión. Se llegó a la conclusión de que con medidas estrictas de control de emisiones en 13 países europeos se podrían obtener economías de 1.200 millones de dólares en concepto de gastos de corrosión todos los años.

La manera más sencilla de controlar la contaminación consiste en usar combustibles de bajo contenido en azufre, pero los resultados de tal sistema no serán visibles por mucho tiempo ya que el suministro mundial de dichos combustibles es limitado. Una solución más permanente estribaría en utilizar otras fuentes de energía en lugar de los combustibles fósiles y en mejorar la conservación de la energía.

Según cálculos recientes, entre ellos los presentados a la Conferencia sobre acidificación celebrada en Estocolmo en 1982, la eliminación del azufre en los diferentes tipos de combustóleos podría entrañar gastos que irían de 20 a 40 dólares por tonelada de petróleo, dependiendo sobre todo, entre otros factores, del tipo de petróleo y del tamaño de la central. Esto incrementaría entre 5 y 10 dólares el costo del megavatio/hora de energía producido (a precios de 1980) y en un 20% el costo de producción de electricidad. La industria, por su parte, ha calculado que tales costos variarían entre 40 y 85 dólares por tonelada de petróleo.

El carbón contiene dos tipos de azufre: pirita (sulfuro de hierro) y azufre orgánico. Cabe eliminar la pirita sulfúrica lavando el carbón después de machacarlo y molerlo. Se calcula que el costo de este proceso mecánico es de uno a seis dólares por tonelada de carbón. De esta forma se puede eliminar cerca de la mitad de la pirita, y hasta el 90% en ciertos carbones, cuando el proceso alcanza un máximo de eficacia. Los métodos químicos resultan más eficaces, aunque son también más onerosos y no se han desarrollado todavía plenamente. Con ellos se pueden separar el azufre orgánico y la pirita. Los costos que supone la eliminación del 90 al 95% de la pirita y la mitad del azufre orgánico se situarían aproximadamente entre 20 y 30 dólares por tonelada de carbón. Los costos extraordinarios del lavado del carbón irían de menos de un dólar a cerca de 3 dólares por megavatio/hora y supondrían un incremento de un 1 a un 6% en los costos de electicidad. La desulfurización química resultaría mucho más costosa, aproximadamente 8 a 12 dólares por megavatio/hora, lo que equivaldría a un aumento de un 15 a un 25% en los costos de la electricidad.

Pueden disminuir las emisiones de óxido y nitrógeno modificando los procedimientos de quema de combustible, especialmente en las centrales térmicas y eléctricas. Una de las principales ideas al respecto consiste en reducir la temperatura de combustión por debajo de 1500 °C aproximadamente, con poca entrada de aire. Estos cambios podrían rebajar en un 50% la cantidad de óxidos de nitrógeno liberados.

Según los cálculos preliminares de la OCDE, cuesta como promedio 800 dólares impedir la liberación de una tonelada de azufre hacia la atmósfera. Los cálculos más recientes indican que los costos pueden ser incluso mayores. En caso de que los países de Europa noroccidental y meridional desearan reducir sus emisiones anuales de azufre en los próximos 10 a 25 años, mediante el control de las emisiones de las centrales de electricidad tradicionales, ello les representaría el 10% de sus costos totales de producción de electricidad.

Existen, además, otros factores que complican dichos análisis. Uno de ellos, que aparece también en otras situaciones nocivas para los recursos naturales compartidos, es el hecho de que los países que se beneficiarían de la reducción de la contaminación son a menudo diferentes de los que tendrían que sufragar los gastos que apareja esta reducción. Otro consiste en que el cálculo de beneficios se hace basándose en la hipótesis de que los daños ocasionados por la lluvia ácida pueden contrarrestarse rápidamente si se toman suficientes medidas de control de la contaminación. Ahora bien, esto no sucede en la práctica, ya que, sobre todo en materia de perjuicios ecológicos, puede pasar mucho tiempo antes de que los daños sean contrarrestados. La información científica sobre los procesos de recuperación es por desgracia sumamente escasa.

Este es sólo uno de los problemas a que se hace frente, problema que, a pesar de los considerables progresos alcanzados en esta esfera, todavía suscita muchos interrogantes y no ha sido desentrañado a fondo.

Es preciso emprender investigaciones sobre el depósito seco de gases y partículas contaminantes y sobre sus efectos en las aguas, los suelos, las hojas jóvenes y viejas y otros receptores de este tipo de contaminación, así como para responder a los siguientes interrogantes: qué modificaciones experimentan los contaminantes en la atmósfera, de qué manera son transportados y se depositan; cómo se descomponen los lechos rocosos a causa de diferentes infiltraciones ácidas y de la liberación de nutrientes; de qué forma afecta el ácido a los suelos, especialmente a largo plazo; y qué efectos adversos puede tener la precipitación ácida en el crecimiento de los bosques.

Aparte de estos temas de investigación meteorológica y ecológica, se requiere información acerca de las repercusiones sobre la salud del creciente ámbito de difusión del cadmio y otros metales tóxicos, como resultado de la acidificación. Deben seguir vigilándose también los niveles de metales en los alimentos, los tejidos humanos y los fluidos del cuerpo.

Algunas zonas tropicales pueden ser extremada o moderadamente susceptibles a la acidificación, y esto podría entrañar otros problemas, que deberán resolverse. Aunque en las zonas tropicales secas la lluvia ácida no desempeña por sí misma un papel fundamental, debido a la escasez de las precipitaciones, no se conoce aún qué función desempeña en ellas el depósito seco. En las zonas húmedas los ecosistemas, la temperatura y los niveles de humedad difieren de los correspondientes a las zonas templadas, donde la acidificación se ha estudiado hasta el momento. Por esta razón es posible que susciten problemas muy distintos.

Algunos suelos contienen cantidades muy pequeñas de azufre o son sumamente alcalinos; de ahí que puedan beneficiarse en cierta medida de una mayor precipitación de azufre y nitrógeno, o simplemente de una mayor cantidad de lluvia ácida. Esto podría significar la adición de un nuevo factor a los cálculos de costos y beneficios correspondientes a la contaminación, aunque el tema no se ha investigado hasta el momento. □

Este artículo se basa en otro más largo publicado en la Crónica de las Naciones Unidas, *vol. XX, nº 5, y titulado "Situación del medio ambiente en el mundo en 1983. Informe del PNUMA".*

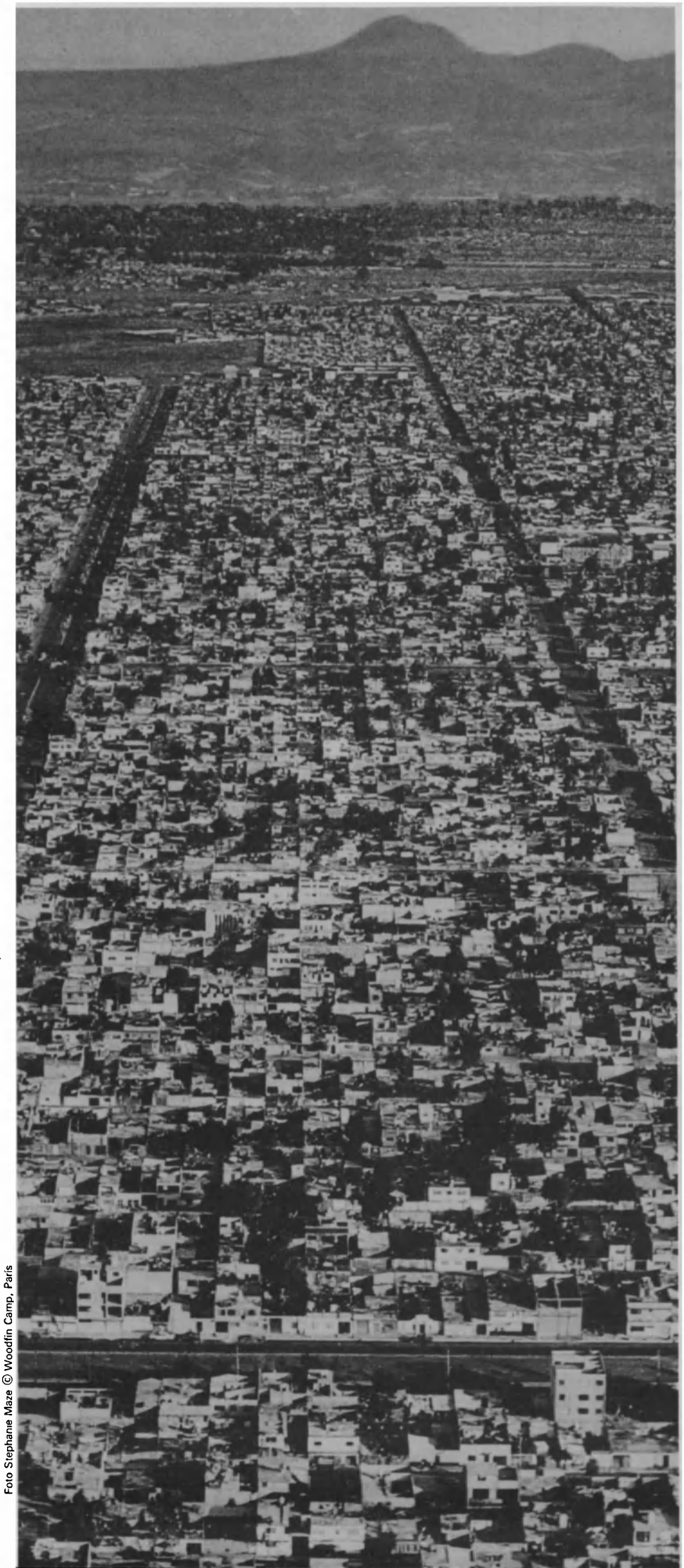


Foto Stephanie Maze © Woodfin Camp, París

La insaciable sed de las ciudades

LAS gigantescas metrópolis de hoy proliferan y se extienden a través de vastas superficies y alteran el entorno de regiones muy alejadas del centro urbano. Londres, París, Ciudad de México, Amsterdam, Los Angeles y otras muchas ciudades se han expandido sobre fértiles tierras de cultivo convirtiéndolas en interminables bloques de viviendas. Han extendido como tentáculos sus tuberías de hierro y de cemento a través de muchos kilómetros de tierra labrantía para obtener el agua de ríos y lagos remotos. Han erradicado gran parte de la vegetación dentro de sus propios muros, reemplazando el verdor de la hierba, los arbustos y los árboles con asfalto, hormigón y azoteas impermeables. Todo ello ha afectado al entorno urbano y al sistema de suministro de agua del que dependen sus habitantes.

En la sucesión de actividades que entraña la transformación de un pedazo de tierra deshabitado en una ciudad acabada, con sus calles, sus plazas, sus monumentos, sus túneles subterráneos y demás elementos de lo que llamamos civilización, cabe señalar tres etapas que influyen negativamente en el suministro de agua.

La primera etapa comprende la tala de árboles y otras especies vegetales para dar cabida a las primeras viviendas, almacenes y calles. Tal desmantelamiento forestal repercute en el balance hídrico local al reducir la transpiración que antes emitía la vegetación.

La excavación de pozos para abastecer de agua a los habitantes suele efectuarse también en esta primera etapa y contribuye a alterar el balance hídrico local dado que tales pozos reducen el nivel freático.

Las corrientes de agua de la naciente metrópoli se verán también afectadas por la sedimentación. La construcción de viviendas y edificios comerciales así como las excavaciones para la instalación de cañerías de agua pueden hacer que el suelo sea tan poco compacto que las aguas de lluvia lo arrastren fácilmente. ▶

El abastecimiento de agua constituye uno de los problemas más urgentes y arduos con que se enfrenta la Ciudad de México (17 millones de habitantes), una de las concentraciones urbanas que más rápidamente crecen en el mundo. Los recursos hídricos locales son insuficientes o inadecuados, lo que obliga a la capital azteca a buscar agua cada vez más lejos (entre 150 y 200 kilómetros) y a profundidades cada vez mayores (1.000 metros bajo el nivel de la ciudad). En la foto, vista aérea de la colonia Netzahualcoyotl, barrio de la capital mexicana.

La construcción de fosas sépticas es otra actividad que suele realizarse en las primeras etapas del crecimiento urbano. Si no están debidamente construidas y situadas, pueden contaminar ciertas zonas del acuífero. Sin un sistema de alcantarillado adecuado los pozos negros y otras fuentes de efluentes, al escurrirse hacia las capas freáticas, pueden ocasionar brotes de fiebre tifoidea y de cólera.

En la etapa siguiente del proceso de urbanización se efectúan nuevas excavaciones para la construcción de viviendas y edificios de mayores dimensiones. Se remueve más la capa superficial del suelo y se llenan de agua pequeños estanques. El resultado es una erosión acelerada del suelo y la sedimentación en los ríos y arroyos.

Las superficies impermeables, que aumentan proporcionalmente a la expansión de la ciudad, dan como resultado inmediato una reducción de la infiltración hacia las aguas subterráneas. Esta impermeabilidad creciente hace que aumente el caudal máximo de las corrientes de agua que subsisten todavía, pudiendo producirse algunas inundaciones.

El hecho más peligroso para la salud humana, que generalmente se produce en esta segunda etapa, es la descarga de productos químicos o de aguas residuales insuficientemente depuradas en las corrientes de agua locales. A su vez, éstas contaminan los ríos en que desembocan ocasionando la muerte de organismos acuáticos. El deterioro del agua de los ríos y arroyos afectará también a las comunidades humanas asentadas a lo largo de su curso.

La etapa final del proceso de urbanización se caracteriza por que casi todo el terreno blando se ha cubierto de edificios, calles y otras superficies prácticamente impermeables. La infiltración hacia las aguas subterráneas se reduce drásticamente mientras se acelera la escorrentía de las aguas de lluvia hacia los ríos y arroyos.

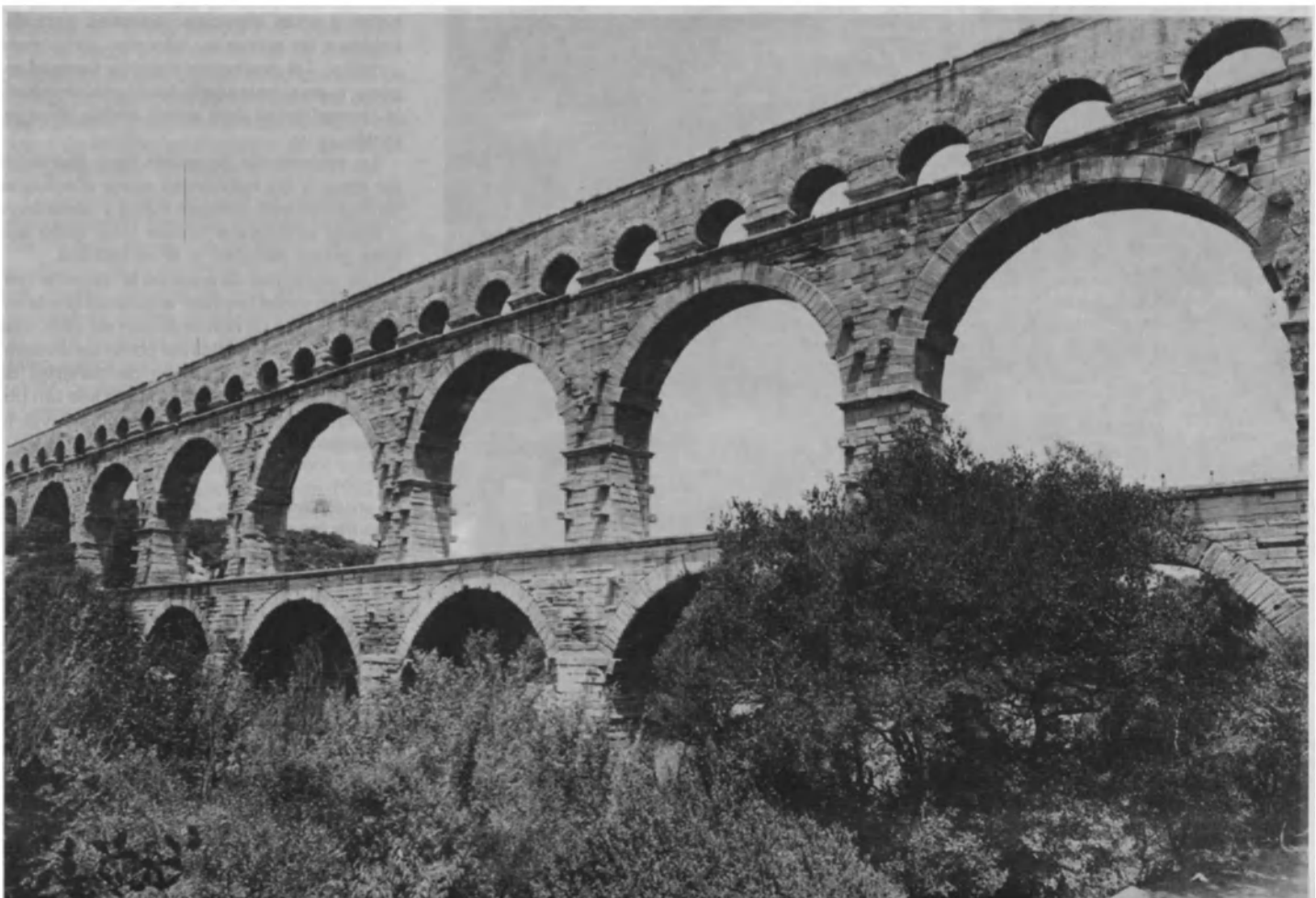
Al disminuir el caudal de la capa acuífera habrá que cavar pozos para satisfacer las necesidades de una población cada vez mayor. O bien las autoridades municipales tendrán que captar el agua fuera de los límites de su propia jurisdicción. Se ha observado al respecto que ciertos principios básicos de la técnica del abastecimiento de agua —tomas en lugares distantes, conducción por acueductos, distribución en las ciudades...— son tan característicos de las obras públicas de hoy como lo fueron de las de fines del siglo XIX y, por cierto, también de los proyectos romanos. La ingeniería moderna parece pues no haber cambiado ningún principio básico, aunque sí ha alcanzado una mejor comprensión del problema en su totalidad y en todos sus aspectos.

Así, la U.S. Environmental Protection Agency (Oficina de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos) ha descubierto algunas de las principales fuentes de contaminación de las aguas subterráneas de dicho país, la mayoría de las cuales se relacionan con la urbanización. Entre ellas figuran la excavación de pozos de inyección subterráneos para "eliminar" desechos nocivos; el derramamiento accidental de tales materias residuales en las calles de la ciudad, los recintos industriales, las vías férreas y los aeropuertos; los escapes en tuberías y en tanques de almacenamiento; los pozos domésticos abandonados; el empleo excesivo de productos químicos en la agricultura; los depósitos de fango cloacal sin revestimiento; y la intrusión de aguas saladas en los acuíferos.

La extracción cada vez más profunda de una cantidad cada vez mayor de agua puede conducir también al hundimiento del suelo. Tal es el grave problema originado con el crecimiento acelerado de Houston, en la costa de Texas. Se ha extraído allí tanta agua que en un radio de 64 km la tierra se ha hundido casi tres metros en relación con su nivel original. Se ha dicho, con cierta ironía, que si semejante tendencia continúa al ritmo actual la parte superior de un rascacielos de 45 pisos, que destaca en el centro de la ciudad, hacia el año 2180 se encontrará... ¡por debajo del nivel del mar!

Es evidente que la ciudad de México, situada a más de 2.134 metros de altitud, no va a sufrir tal suerte. Pero en los 70 últimos años esta enorme metrópoli se ha hundido ya 10,7 metros en el lecho de lago terraplenado sobre el que se asienta, también a consecuencia de la extracción de agua de la capa acuífera.

Las autoridades mexicanas han tratado de satisfacer las crecientes demandas de agua de la población con programas que contemplan tomas de agua en ríos que se encuentran a más de 160 km de la capital. Se ha calculado que para el año 2000 la población de Ciudad de México excederá de 30 millones de habitantes, constituyendo así la mayor concentración humana del planeta. Es interesante notar, por último, que de 1960 a 1976 prácticamente se ha duplicado el suministro de agua a la ciudad, pero la cantidad disponible por persona ha disminuido. En 1982 sólo el 15 por ciento de los residentes en las zonas urbanas en torno a Ciudad de México disponían de agua corriente en sus hogares. ■



Los ingenieros romanos de la Antigüedad construyeron sistemas de suministro de agua que dan fe de su técnica avanzada. Ejemplo de ello es el Pont du Gard, en el sur de Francia, construido hacia el año 19 a.C., que constituye sólo un pequeño tramo de un acueducto de 40 kilómetros de largo, en su mayor parte subterráneo, que llevaba agua a la ciudad de Nimes. Las tres hileras de arcos del puente alcanzan 47 metros de alto. La superior, por donde pasaba el acueducto, consta de 35 arcos de 4,6 metros cada uno.

Foto Pierre Berger © Rapho, París

Como se depuran las aguas sucias

EL mundo entero acepta hoy, por lo menos en principio, la necesidad de reducir el grado de contaminación del agua si se quiere que la humanidad sobreviva. De ahí la conclusión de que es preciso someter a tratamiento todos los efluentes antes de evacuarlos en las masas de agua.

Los procesos actuales de depuración se han concebido con el fin de eliminar las substancias y tipos de contaminación siguientes:

• Sólidos en suspensión, tales como el fango cloacal que produce turbiedad y forma sedimentos.
• Materias que consumen oxígeno.
• Nutrientes necesarios para la creación de nuevos organismos.

Nutrientes de extraordinaria importancia son los fosfatos y los nitratos. En las aguas residuales el fósforo y el nitrógeno provienen principalmente de las aguas usadas domésticas. También las aguas residuales agrícolas constituyen hoy un problema importante como resultado de la fertilización excesiva de la tierra.

Se ha venido discutiendo la función del fósforo en la contaminación de las aguas residuales desde que se advirtió que con la introducción de los detergentes sintéticos ese metaloide iba pronto a parar a las aguas de superficie más cercanas.

Las industrias han reducido radicalmente el contenido de fósforo de sus desechos. Pero las instalaciones de depuración del agua tienen que seguir tratando todavía grandes cantidades de fósforo y de nitrógeno en las aguas residuales que llegan a ellas.

• Las aguas cloacales urbanas contienen también bacterias y virus patógenos y substancias químicas peligrosas para la salud. El mercurio, el plomo, el zinc y el cromo (los llamados "metales pesados") son productos de desecho de algunas industrias.

Tales substancias pueden afectar gravemente a la salud de ciertos organismos que viven en los ríos y en los lagos. Algunos efluentes vertidos en ellos pueden alterar el pH del agua. El pH es la medida de la acidez básica natural de ésta, que puede oscilar entre 0 y 14. El grado 7 es, por así decir, el punto neutro, ya que cuanto menor es el pH mayor es la acidez del líquido. Los peces codiciados por la pesca deportiva, como la trucha, necesitan un pH superior a 5 para sobrevivir, pero un pH demasiado elevado puede resultar peligroso. Son los efluentes de la industria del papel los que determinan principalmente bajos niveles de pH, mientras que los más altos provienen de las curtidurías y de las fábricas textiles.

• Otros dos grupos de contaminantes que pueden tener consecuencias biológicas importantes son los plaguicidas y los hidrocarburos de las refinerías de petróleo, de las estaciones de servicio, de los garajes y del tráfico urbano.

El proceso de depuración de las aguas residuales consta de las siguientes etapas:
• separación del fango
• tratamiento biológico
• tratamiento químico
• tratamiento complementario, tal como la filtración.

La depuración de las aguas residuales comienza siempre con un tratamiento previo que consiste en retirar los objetos de gran tamaño, los pesados o los que flotan en ellas. En esta etapa inicial se retiran también la arena y la grava.

Tras este proceso inicial de "selección" se conducen las aguas residuales, muy lentamente, a un estanque. Gracias a este procedimiento los materiales sólidos caen al fondo de donde es fácil extraerlos. ▶

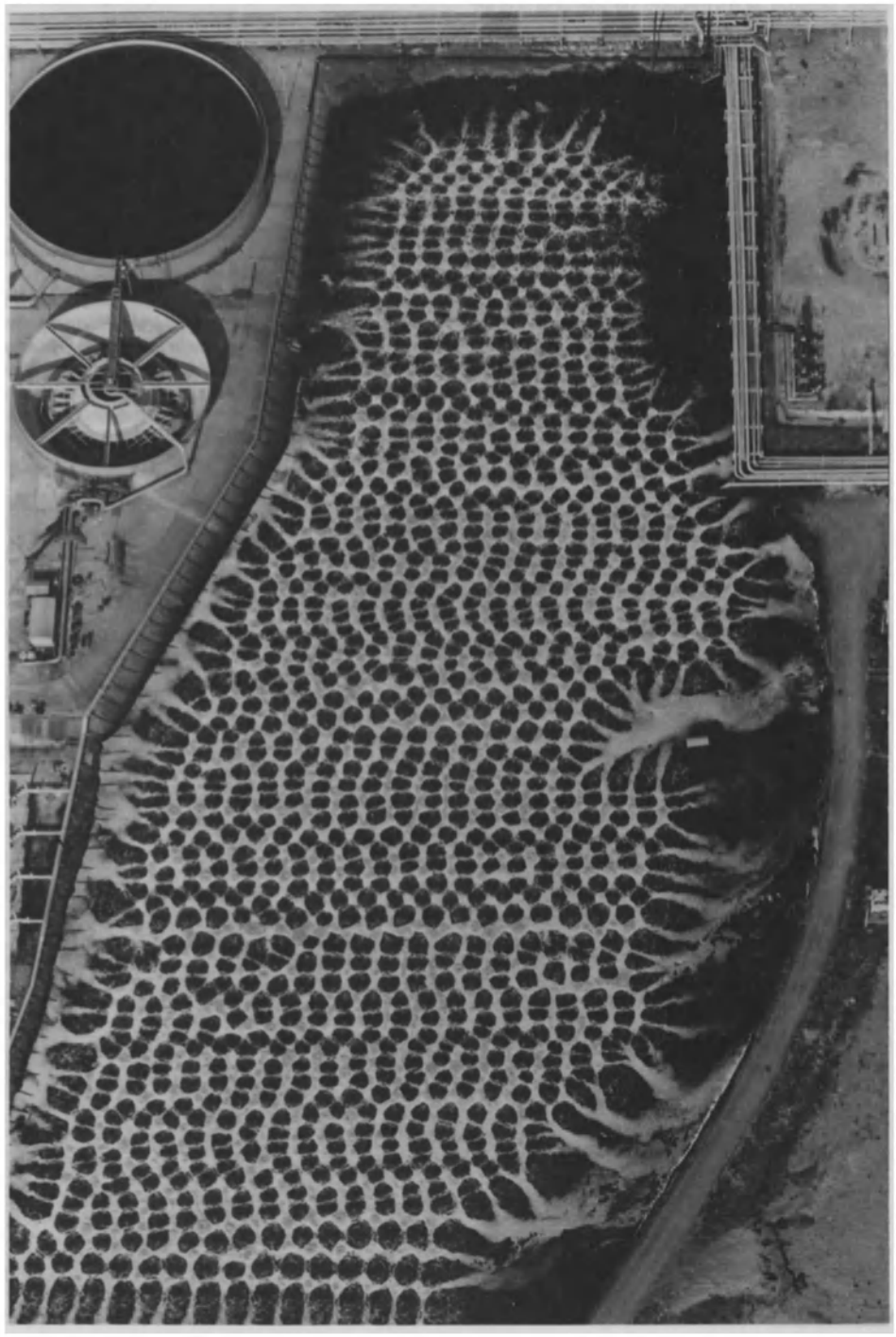


Foto Georg Gerster © Rapho, París

En esta planta depuradora de Luisiana, Estados Unidos, se "lavan", literalmente, las aguas residuales de origen industrial. Para ello se bombean centenares de chorros de agua altamente oxigenada. El oxígeno (partes blancas de la foto) destruye las materias orgánicas de las aguas residuales que, así depuradas, vuelven a desembocar en el Misisipí.

▶ Esta etapa del proceso, que dura hasta tres horas, puede realizarse de dos maneras. La primera consiste en llevar el agua a un estanque, mediante difusión o utilizando el sistema de aireación por turbina que pone el agua en movimiento. Se forman así grumos de fango que van aumentando de tamaño. Después de una a tres horas de tratamiento en el estanque de aireación, la suspensión pasa a un estanque de sedimentación; el fango, una vez depositado en el fondo, puede ser extraído o reciclado.

El segundo método utiliza un lecho biológicamente activo formado por capas de distintos materiales, generalmente piedras de grano grueso. Los microorganismos contenidos en una especie de gelatina que se adhiere a las piedras descomponen el material orgánico y periódicamente lo desprenden de ellas. Tal como en el procedimiento anterior, las aguas residuales, parcialmente depuradas, pasan luego a un estanque de sedimentación del fango.

La fase siguiente, cuando se recurre a ella, consiste en un tratamiento químico. Para facilitar la formación de los grumos se agregan sulfato de aluminio y compuestos ferrosos. En esta etapa se retira también el fósforo de las aguas usadas. Como paso final puede recurrirse a la filtración para suprimir los grumos restantes.

Un subproducto del proceso de depuración del agua es el fango cloacal. Los países costeros solían antaño echarlo al mar, pero tal práctica resulta inaceptable hoy día cuando se conocen ya los efectos nocivos que tiene sobre la fauna marina.

El fango de las cloacas puede tratarse ahora en cámaras de digestión en cuyo ambiente desoxigenado la materia orgánica se transforma en compuestos inorgánicos más estables. Este procedimiento dura tres semanas. Sin embargo, tras el proceso de digestión el fango requiere todavía una nueva etapa de tratamiento ya que con él va mezclada una gran cantidad de agua. Esta puede extraerse sea mediante el uso de los lechos secadores, sea mediante el calor, aunque este último procedimiento requiere una cantidad considerable de energía.

Una vez extraída el agua existen las siguientes posibilidades para eliminar el fango restante:

- Conducirlo a un depósito de basuras, aunque allí puede plantearse un nuevo problema: el peligro de escape. Si el depósito no está adecuadamente construido, las lluvias pueden filtrarse a través del fango hasta las aguas subterráneas.
- Mezclarlo con desechos domésticos sólidos.
- Incinerarlo. Desgraciadamente, con este procedimiento se corre el riesgo de sustituir la contaminación del agua por la contaminación del aire. Las cenizas que quedan tras la incineración pueden contener metales pesados nocivos para los organismos vivos.
- Emplearlo para mejorar los suelos, a la manera del estiércol animal. De todos modos, sigue en pie el problema de los metales pesados. De ahí que en muchos países su empleo como abono en los huertos esté legalmente prohibido a fin de impedir la presencia de metales pesados en los productos alimenticios.

Queda bien claro que existen de todos modos serias dificultades para eliminar enteramente las substancias nocivas que el hombre introduce en el ciclo hidrológico. Con frecuencia subsisten algunos contaminantes que, aunque no sean exactamente los mismos que en un principio añadimos al ciclo del agua, pueden seguir siendo biológicamente peligrosos. El problema más importante radica en que el hombre sigue agregando sin cesar agentes contaminantes a ese ciclo. Por ejemplo, en las instalaciones de depuración del agua dichos agentes se transforman en desechos sólidos. Pero algo hay que hacer con ellos en ese momento. Si se deja que los contaminantes contenidos en tales desechos lleguen a las aguas de superficie o a las subterráneas, se habrá completado el ciclo de la contaminación.

¿Qué hacer pues? ¿Hay alternativas posibles? Por desgracia, no son muchas. Se necesitan nuevos procedimientos industriales que no contaminen el agua y mejores métodos de reciclaje para impedir que las aguas contaminadas se viertan en los ríos y lagos.

Debe hacerse hincapié en que todos los elementos del entorno hídrico de una zona urbana han de ser considerados como partes de un mismo sistema. Dicho de otro modo, hay que asegurar un suministro adecuado de agua potable, hay que depurar eficazmente las aguas residuales y hay que eliminar las substancias que quedan tras la depuración, como el fango. Un fallo en uno de esos componentes del sistema pondrá todo el proceso y la ciudad entera en una situación de peligro. □



Esta planta depuradora de aguas residuales de Lubbock, Texas (EUA), dispone de una explotación agrícola de 1.200 hectáreas para la eliminación de los nutrientes que normalmente son reabsorbidos en la tercera etapa del proceso de depuración. En este caso se los utiliza como fertilizantes.

Foto Ted Spiegel © Rapho, Paris

SRI LANKA: un prodigio hidráulico

por Ananda Gurugé

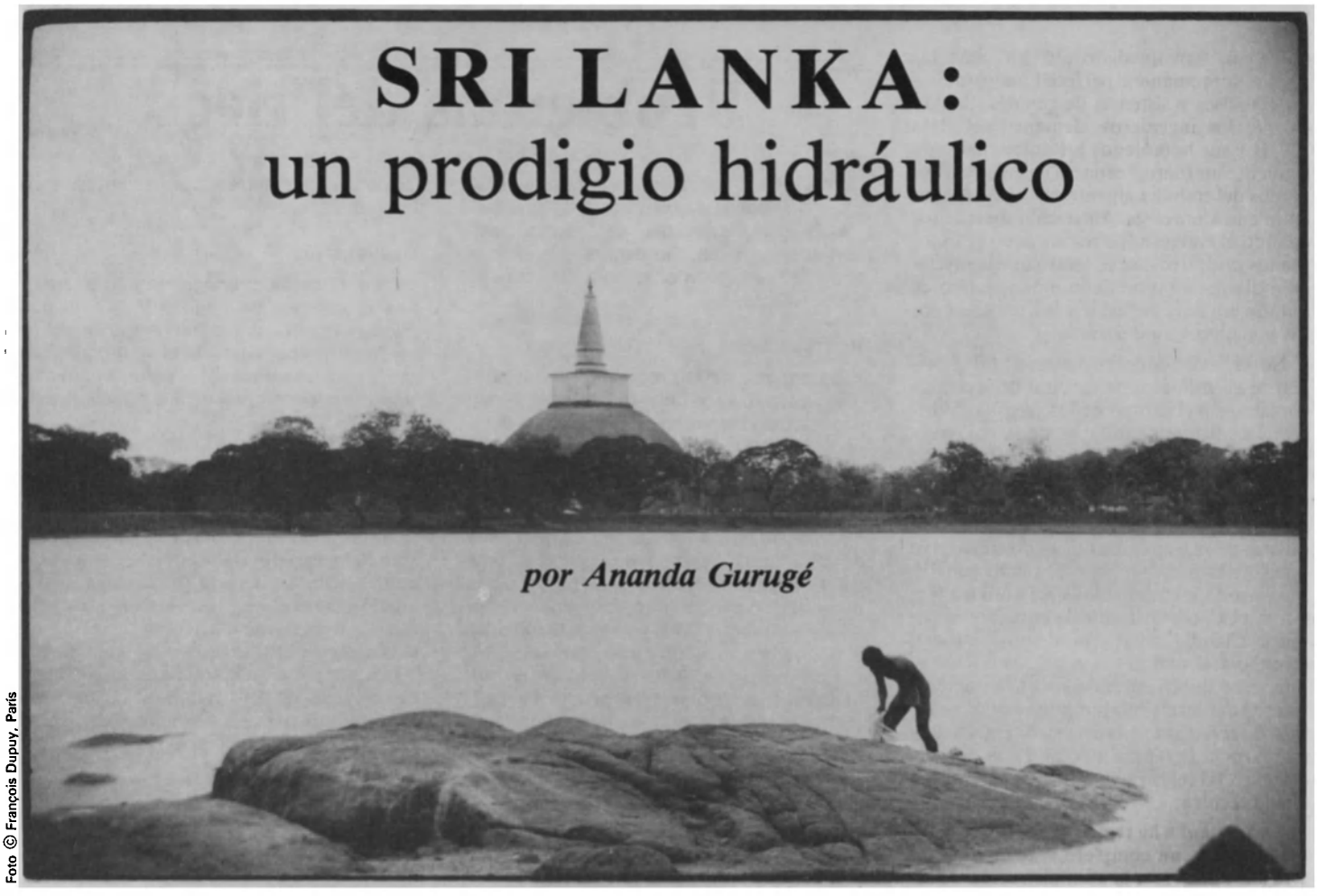


Foto © François Dupuy, París

El gran embalse de Anuradhapura, en el norte de Sri Lanka; al fondo se ve el Ruvanvalisaya, un monumental stupa. El reino de Anuradhapura, que duró del siglo II a.C. al X d.C., creó un notable sistema hidráulico que le valió una gran prosperidad.

"NO dejemos que ni una sola gota de lluvia que caiga sobre esta isla vuelva al océano sin antes haber servido a la humanidad": tal era el principio rector de un vasto programa de desarrollo de los recursos hídricos emprendido por Parakramabahu I (1153-1186), uno de los más grandes soberanos del antiguo Sri Lanka (Ceilán). Impresionante fue en verdad su obra. La Crónica de Sri Lanka, el *Culavamasa,* escrita en pali, la lengua canónica budista, deja constancia de su acción, primero como gobernante del Sri Lanka occidental y luego como monarca de todo el país: construyó o restauró 163 grandes embalses, 2.617 embalses menores, 3.910 canales de riego, 328 esclusas de piedra y 168 compuertas de presa, además de reparar 1.969 brechas en diversos diques. Entre los embalses que este monarca construyera se cuenta el de Polonnaruwa, que por sus dimensiones se ha dado en llamar el Mar de Parakrama. Con una superficie de 3.000 hectáreas y un dique de 14 kilómetros de largo, tenía una capacidad de riego de cerca de 10.000 hectáreas.

El consecuente progreso en la conservación y distribuión de las aguas produjo un considerable aumento de la superficie cultivable. De ahí que durante su reinado la producción aumentara a tal punto y Sri Lanka exportara tanto arroz a los países vecinos que se le llegó a llamar el Granero de Oriente.

Al llevar a cabo este vasto programa, Parakramabahu I estaba cumpliendo con una de las obligaciones más importantes que la tradición señalaba a los reyes. Se consideraba que la corona debía servir el doble interés de la nación: el *material* y el *espiritual,* que en lengua pali se denomina *loka-sasana-abhivuddhi.* La primera categoría incluía las dos obligaciones fundamentales de defender la nación contra las amenazas internas o externas a su seguridad y de conservar los recursos hídricos a fin de incrementar el cultivo arrocero. La segunda categoría entrañaba el respaldo del budismo gracias al fomento de las instituciones monásticas y a la construcción de edificios propios para despertar la admiración. Todos los monarcas considerados importantes en la historia de Sri Lanka se han destacado en todas o en la mayoría de estas funciones.

El rey Mahasena, que construyó en el siglo IV el embalse de Minneriya, fue deificado por el pueblo, y en un templo situado al borde del lago los agricultores del lugar siguen rindiéndole culto y se encomiendan a él para obtener buenas cosechas. Cuando en el siglo V el rey Dhatusena fue interrogado por su hijo Kahsyapa, que se había rebelado contra él, acerca del lugar en que se ocultaba el tesoro real, aquel llevó a sus aprehensores hasta Kalaweva, un lago de 19 kilómetros de diámetro que él mismo había construido, y tomando un puñado de agua les dijo: "He aquí toda mi riqueza".

Tales construcciones requerían un alto grado de destreza y de conocimientos técnicos. Los ríos de caudal constante eran encauzados mediante represas de piedra y desviados a kilómetros de su curso normal. Los torrentes estacionales variables eran igualmente encauzados mediante una serie de estanques escalonados que descendían hasta los valles. La longitud de los diques de tierra de tales embalses iba desde unos cientos de metros hasta 15 kilómetros y en algunos sitios su altura alcanzaba hasta 18 metros. El Jaya-Ganga, un canal de riego justamente llamado río Victoria, era una obra maestra de habilidad ingenieril. Todavía hoy en servicio, tiene una longitud de más de 80 kilómetros, con una anchura uniforme de 12 metros y un declive de apenas 1/10.000 en los primeros 30 kilómetros, lo que permite atenuar la sedimentación y la erosión de las riberas. Comunica entre sí los sistemas de dos ríos y mantiene un nivel adecuado de agua en una serie de estanques intercomunicados que riegan cerca de 46.000 hectáreas de arrozales.

Aunque es poco lo que sabemos acerca de sus técnicas y de sus instrumentos o herramientas, es evidente que la destreza de los antiguos ingenieros de Sri Lanka tanto en materia de hidrodinámica como en lo que se refiere a la agrimensura y a la nivelación alcanzó un alto nivel. Las compuertas de piedra con su correspondiente control de flujo, llamado en cingalés el *Biso-kotuva,* constituían un sistema de notable eficacia que da testimonio de un perfecto conocimiento de los mecanismos de la presión hidráulica. Se regulaba así la velocidad y la cantidad del agua de riego, con lo que se protegía campos y canales de la erosión y de las inundaciones. También se impedía que, en épocas de sequía, los agricultores extrajeran hasta la última gota del embalse poniendo en peligro la supervivencia de hombres y animales. De la misma manera, se construía un vertedero de piedra a una altura dada, muchas veces a kilómetros de las compuertas de la esclusa, para proteger los embalses de las altas presiones provocadas por lluvias repentinas o inundaciones. Muchos ingenieros ▶

▶ modernos han quedado atónitos ante los planos sobremanera perfeccionados de tales embalses y sistemas de canales. Sabido es que los ingenieros alemanes del siglo XVIII y sus homólogos británicos del siglo siguiente no fueron capaces de entender los planos del embalse gigante cerca de Mannar en la costa noroeste. Hace sólo unos años, cuando el embalse fue restaurado según los planos primitivos, se constató que la nivelación diseñada por el anónimo ingeniero de antaño era muy superior a la inventada por los ingenieros modernos.

No es fácil conocer con exactitud el origen de los primeros desarrollos de la ciencia cingalesa en el campo de los recursos hídricos. Los primeros indicios de la construcción de un embalse datan de la fundación del reino de Sinhala, en el siglo VI a.C. Pero, cualquiera que fuese la fuente de sus conocimientos técnicos, los cingaleses conquistaron amplia fama por su destreza en lo que a irrigación se refiere. El relato que Plinio hace de la embajada de Sri Lanka a Roma en el año 46 d.C. ante la corte del emperador Claudio menciona el lago artificial cercano a la capital, Anaradhapura. Aunque en términos mitológicos, la referencia que se hace en el libro histórico de Cachemira *Rajatarangani* a expertos cingaleses que ayudaron a Jayapida a drenar el lago hacia el siglo VIII registra un caso de posible asistencia técnica.

En Sri Lanka ha regido desde los tiempos más remotos un complejo sistema de leyes y reglas relativas a la administración de las aguas. No sólo prescribía ese código de qué manera debía ser distribuida y utilizada el agua sino que además estipulaba quién había de encargarse del mantenimiento de embalses y canales. Hasta que quedaron anticuadas con el advenimiento del nuevo sistema económico, tales normas se mantuvieron gracias a la autoasistencia cooperativa, tradicional en las aldeas.

El deber regio de desarrollar los recursos hídricos, aportando así el flujo vital indispensable al Sri Lanka rural y a su cultura multifacética, ha sido reasumido por el gobierno del país desde que el poder político pasó a manos de los líderes nacionales en los años 30. En un vasto esfuerzo por restaurar los asentamientos rurales de la zona seca, se han puesto en servicio más de 3.000 embalses de variadas dimensiones con sus respectivos sistemas de canales y vastas extensiones de tierra han sido destinadas al cultivo del arroz. El *Senanayaka-Samudraya* (el Mar de Senanayaka, así llamado en memoria del primer Primer Ministro del Sri Lanka independiente, que fue un infatigable pionero de la restauración de los antiguos recursos hídricos y la creación de nuevas aldeas) rivaliza con el Mar de Parakramabahu de hace 800 años. El esfuerzo más impresionante en este sentido es el proyecto actual de desviar el Mahveli-ganga, el río más largo de la isla. Este formidable proyecto, que, además de producir electricidad y controlar las inundaciones, permitirá el cultivo de miles de hectáreas, simboliza la creencia inamovible de los cingaleses en que la gloria de su nación radica en la aldea con su lago, su arrozal y su templo. □

ANANDA GURUGE *es jefe de la sección de la Unesco para la cooperación con el UNICEF y con el Programa Mundial de Alimentos. Especialista en culturas asiáticas y budistas, ha escrito varios libros en torno a ellas.*

Problemas del riego

CERCA de la octava parte (230 millones de hectáreas) de la superficie cultivable del mundo son tierras de regadío. Se espera que para el año 1990 se habrán añadido a esta cifra 50 millones más.

Ventajas

• *Incremento de la producción de alimentos.* En los 20 años últimos la productividad de las tierras labrantías ha aumentado en un promedio anual del dos por ciento. Y el sesenta por ciento de este incremento proviene de terrenos puestos recientemente en regadío.

• *Aumento de los ingresos de los pequeños agricultores.* El riego puede duplicar o triplicar el número de cosechas por año, o sea que una parcela anteriormente poco rentable puede proporcionar ingresos razonables al pequeño agricultor y a su familia.

• *Transformación de tierras estériles en cultivables.* Gracias al riego se produce actualmente trigo y maíz en regiones del norte de México y arroz en el valle de Kubán, Unión Soviética, en terrenos que antes eran improductivos.

Desventajas

• *Enfermedades propagadas por el agua.* Los programas de riego mal concebidos pueden incrementar la frecuencia de enfermedades propagadas por el agua, tales como la esquistosomiasis, el paludismo o malaria y la oncocercosis (véase el recuadro de la pág. 32).

• *Salinización y anegamiento del suelo.* Cuando se riegan tierras mal drenadas en los climas cálidos, el sol hace evaporar las aguas superficiales, produciéndose acumulaciones de sales alcalinas cerca de la superficie del suelo donde no pueden crecer los cultivos. Por otra parte, un drenaje inadecuado puede elevar el nivel freático y producir anegamientos. La Organizacción de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estimaba a mediados del decenio de 1970 que 952 millones de hectáreas de tierra estaban afectadas por la salinización. □



Foto D. Mason FAO, Roma



Foto Peter Menzell © Cosmos, París

Efectos de la salinización del suelo, resultante de un mal drenaje y del consiguiente encharcamiento, en la India (arriba) y en los Estados Unidos (abajo).



Foto © China Features, Pekín

Guerra popular contra el caracol

por Zhang Bihua

DURANTE la última década las condiciones de vida han cambiado radicalmente para las 400 familias de Dongfeng, cerca de la ciudad de Wuxi, en el sur de China.

En Dongfeng (literalmente, Viento del Este), como en todas las zonas rurales del distrito de Wuxi, los caminos han sido pavimentados y las viejas casas de ladrillos de un piso se han visto remplazadas por otras de dos y tres pisos con techo de tejas. A medida que los ingresos familiares aumentan, los lugareños van adquiriendo toda una serie de artículos de consumo, como equipos estereofónicos, televisores, máquinas de lavar y cámaras fotográficas.

Hay otro cambio importante, pero éste no es fácilmente perceptible para un visitante: no hay ya caracoles en Dongfeng y desde 1972 no ha habido ni un sólo nuevo caso de "fiebre del caracol", una enfermedad que afecta a China desde la época de los Han, hace 2.000 años.

Conocida medicinalmente como esquistosomiasis (o bilharziosis), sus síntomas son la fiebre, el dolor en el hígado, las ampollas en la piel y la sangre en los excrementos y en la orina. Su agente es el esquistosoma, una lombriz parásita que pasa una parte de su complejo ciclo vital en el agua dulce, otra dentro de una especie particular de caracol y una tercera en el cuerpo humano (véase diagrama). La gente contrae la enfermedad cuando atraviesa un canal, un lago o un charco infectados o cuando se baña en ellos.

La región de Wuxi está atravesada en todas direcciones por ríos y canales y en el sur la bordea el lago Tai, uno de los más grandes de China. Abastece a la ciudad de agua el Gran Canal que va del río Yangtsé al lago Tai, ramificándose a su paso para servir a las aldeas costeras. Una tierra fértil, un clima moderado y la abundancia de agua han hecho a esta región muy productiva y próspera: una "tierra de pescado y arroz".

Sin embargo, el agua tiene también su lado malo, puesto que con ella llegaron también el esquistosoma, los caracoles y la enfermedad. Las primeras estadísticas posteriores a la Liberación (1949) muestran que la "fiebre del caracol" afectaba a 100 millones de personas en 11 provincias (incluida la de Jiangsu, donde se encuentra Dongfeng) al sur y a lo largo del río Yangtsé.

La brigada de Dongfeng forma parte de la comuna de Luyuan, en los suburbios del norte de Wuxi. Aquí el Gran Canal corre a través de cinco brazos del río Liangqi, formando una verdadera maraña de corrientes de agua, el ambiente ideal para el esquistosoma y su huésped, el caracol.

Aunque Dongfeng no se vio tan gravemente afectado como otras zonas, sus habitantes se hallaban expuestos a la "enfermedad del vientre hinchado" cada vez que se servían del agua del Liangqi, única fuente de agua para beber y para todos los demás usos domésticos. La brigada poseía dos viejos pozos comunales, pero no había pozos caseros.

Cazando caracoles a lo largo de una fosa de drenaje de las aguas en Dongfeng, cerca de Shanghai. Desde los años 70 se excavan más profundamente este tipo de fosas para que los campos no se saturen de agua, cosa que contribuye a la propagación de la bilharziosis o "fiebre del caracol".

Los niños solían defecar en los campos y los adultos vaciaban allí los cubos de las letrinas. Además, los baldes eran lavados en el mismo río del que sacaban el agua, lo que contribuía a diseminar los huevos del esquistosoma.

Pero los campesinos de Dongfeng no tenían idea de por qué sus estómagos se hinchaban ni de qué modo atrapaban la "enfermedad de la pereza", como la llamaban; lo único que sabían era que los debilitaba y que quedaban incapacitados para trabajar. Si los dolores eran muy intensos, llegaban incluso al extremo de perforarse el abdomen para dejar salir el líquido acumulado.

Dongfeng tardó más de 20 años en eliminar la plaga que sus aguas traían. ¿Cómo lo logró? Todo empezó con el programa nacional para erradicar la fiebre del caracol, que hacía hincapié en las medidas preventivas, tales como destruir los caracoles y su ▶

hábitat y controlar rigurosamente el uso del agua y la evacuación de los excrementos. Se creó un grupo especial en cada nivel, desde el Ministerio Central de la Salud de Pekín pasando por el distrito y la provincia hasta la brigada.

En el marco de este programa nacional, la campaña para desembarazar de caracoles a la brigada de Dongfeng comenzó en el decenio de los 50, pero tardó muchos años en organizarse plenamente.

La brigada posee colectivamente la tierra y los demás recursos y controla además las finanzas. Un porcentaje de sus ingresos anuales se acumula en un fondo de previsión de la comunidad, que financia la asistencia médica. El dinero para la campaña contra el caracol procedía de este fondo.

Fue solamente en 1972 cuando la campaña de Dongfeng se puso verdaderamente en marcha al formarse un equipo de cuatro miembros que había de dirigir el trabajo. Los cuatro miembros del grupo contra el esquistosoma eran dirigentes locales reconocidos: el secretario del Partido Comunista, dos dirigentes de los equipos de producción de la brigada y un médico "descalzo" (el médico "descalzo", pieza fundamental en el sistema de medicina rural de China, no es un facultativo graduado sino un campesino con educación secundaria).

En 1972 Su Guiying, de 27 años, era el doctor "descalzo" que trabajaba en la campaña. Siendo niña, Su había visto sufrir de esquistosomiasis a la gente de su pueblo. "Prometí que un día sería médico y los aliviaría de su dolor", dice. En la década de los 60 se formó como médico descalzo y se dedicó de lleno a ayudar a los pacientes aquejados por la enfermedad.

Para obtener esa formación Su tuvo que hacer en Wuxi un cursillo práctico de cuatro meses que incluía farmacología elemental, diagnóstico y tratamiento de enfermedades corrientes como la gripe y la diarrea, y cierta formación en obstetricia. Para la campaña contra el caracol tuvo que seguir un breve cursillo adicional sobre esta enfermedad, estudiar la ecología del caracol y adquirir los rudimentos del análisis de excrementos.

El secretario del partido y los dos dirigentes de brigadas del equipo anticaracol también habían recibido instrucción en los aspectos no médicos. El grupo veía películas sobre la enfermedad, examinaba las larvas y los huevos de la lombriz e incluso disecó un conejo contaminado para observar cómo sufrían las víctimas. Este conocimiento debía divulgarse entre los habitantes de Dongfeng.

Lu Guomin, un médico del centro de Wuxi, afirma que pronto se dieron cuenta de que era más eficaz que los propios campesinos difundieran la información en vez de ser ésta transmitida de pueblo en pueblo por mensajeros profesionales.

Pero tal método requería un esfuerzo publicitario enorme. Se colocaban carteles y consignas en los muros y en los tablones de anuncios se fijaban breves artículos e historietas ilustradas que informaban sobre la fiebre del caracol. Durante las pausas del trabajo en los campos, los altavoces difundían constantemente una formación básica sobre la enfermedad. Por las tardes, actores aficionados representaban sainetes y cantaban baladas para hacer llegar el mensaje a los hogares.

La participación masiva era vital para la campaña. Su afirma que la propaganda era esencial para preparar el camino a tal participación, pero está convencida de que sólo la paciencia puede vencer definitivamente el flagelo.

Todo este duro trabajo dio finalmente sus frutos. A comienzos de la década de los 70, por lo menos una persona de cada una de las 300 familias que entonces formaban la brigada se hallaba afectada. Pero ya en 1975, tres años después de que la campaña se organizara debidamente, sólo quedaban 18 casos.

El mejoramiento de las condiciones de salud fue el resultado de tres actividades fundamentales de la campaña, a saber:

- eliminación de los caracoles
- construcción de nuevos canales para el riego, el drenaje y el transporte, y
- cambio de los métodos de abastecimiento de agua y de evacuación de los excrementos.

En cada una de estas tres actividades se combinaban el apoyo del gobierno, la ac-

Sigue en la pág. 34

Enfermedades relacionadas con el agua

LA Organización Mundial de la Salud estima que el 80 por ciento de las enfermedades y plagas en el mundo entero son atribuibles al agua o a los sistemas de saneamiento deficientes. Esto abarca las consecuencias de la ingestión de aguas contaminadas, el agua como campo fértil para el desarrollo de los agentes portadores de enfermedades y las enfermedades originadas por la falta de higiene. Cinco tipos de enfermedades están directamente relacionadas con el agua y los sistemas de saneamiento:

- *Las enfermedades provocadas por el agua* que se progagan al beber aguas contaminadas (o al lavar las manos y la cara, los alimentos y los utensilios). Se trata de la fiebre tifoidea, el cólera, la disentería, la gastroenteritis y, cuando la contaminación es excepcionalmente aguda, la hepatitis infecciosa.

- *Las infecciones relacionadas con la higiene,* que afectan a la piel y los ojos y se propagan mediante la utilización de aguas inadecuadas para la higiene personal. Se incluyen en este punto el tracoma, la escabiosis (sarna), la frambesia (úlceras), la lepra, la conjuntivitis y las úlceras de la piel.

- *Las enfermedades contenidas en el agua,* entre las cuales las más importantes son la esquistosomiasis y la lombriz parasitaria de Guinea. Se han clasificado así porque el agente portador de gérmenes es un organismo acuático invertebrado.

- *Las enfermedades cuyos agentes son insectos del entorno acuático.* Tanto los mosquitos (portadores de malaria, filariosis, fiebre amarilla) como la mosca negra (portadora de la "ceguera de los ríos") necesitan del agua para vivir y desarrollarse. La mosca tsetsé, causante de la "enfermedad del sueño", pica generalmente al borde del agua.

- *Las infecciones originadas principalmente por sistemas de saneamiento deficientes* como la anquilostomiasis (clorosis de Egipto o anemia de los túneles).

LA DIARREA es causa directa, cada año, de la muerte de seis millones de niños en los países en desarrollo e indirectamente de la de 18 millones de personas. Muchas víctimas mueren por deshidratación. Quienes sobreviven quedan sobremanera debilitados y son presa fácil para cualquier otra enfermedad. Cuando las condiciones de saneamiento son malas, la enfermedad pasa fácilmente de un niño a otro. Se cura mediante la rehidratación, es decir la restitución del líquido y las sales perdidos, con soluciones levemente saladas y azucaradas, ya sea ingeridas oralmente, ya inyectadas en las venas gota a gota.

EL TRACOMA es una infección viral que se aloja en los bordes de los ojos, pudiendo causar la formación de costras y, si no se trata a tiempo, termina en ceguera. Quinientos millones de personas en todo el mundo sufren de esta enfermedad que se transmite por contacto directo o por las moscas.

LA ESQUISTOSOMIASIS (o enfemedad del caracol) es provocada por un parásito muy común en el caracol de agua dulce (véase el artículo de la pág. 31). Es hoy causa del sufrimiento y del debilitamiento de 200 millones de personas en Africa, en Oriente Medio, en partes de América Latina y en el sudeste asiático. La larva del esquistosoma se introduce por la piel de las personas que nadan o se introducen en el agua. Luego emigra hasta el torrente sanguíneo donde permanece hasta alcanzar su estado adulto. Los huevos son evacuados con los excrementos o la orina. Los síntomas de esta enfermedad son la fiebre, el dolor de hígado y la aparición de ampollas en la piel y de sangre en los excrementos y la orina. Parece casi una ironía que la esquistosomiasis se haya propagado gravemente con la proliferación de los canales de riego y los embalses que proporcionan un hábitat ideal a los caracoles y sus parásitos.

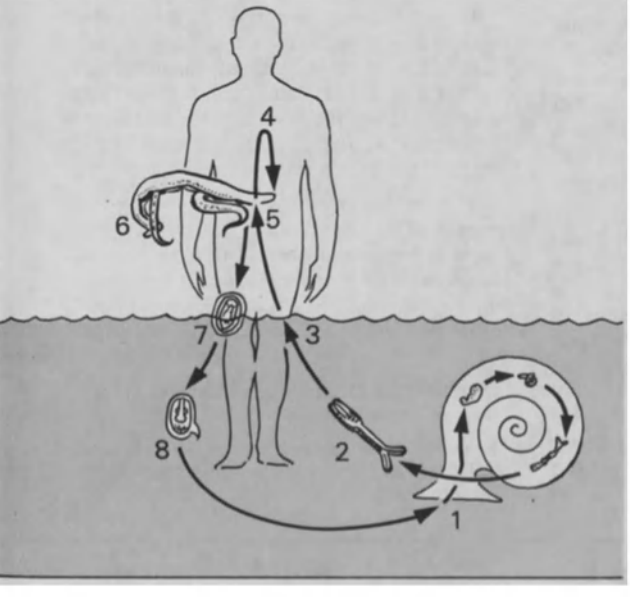
LA CEGUERA DE LOS RIOS (oncocercosis) es causada por unas lombrices diminutas que se propagan mediante la picadura de la mosca negra que vive y se desarrolla en los torrentes rápidos, y se transmite de persona a persona. Tales lombrices se alojan en todo el cuerpo y muchas veces hasta en los ojos, donde los estragos y las cicatrices pueden terminar en ceguera. Se estima que 30 millones de personas se hallan afectadas por esta enfermedad.

LA MALARIA, muy común en la mayor parte de las regiones cálidas y tropicales, se transmite de persona a persona y es propagada por mosquitos que actúan como agentes portadores. La más pequeña cantidad de agua basta para que éstos depositen sus huevos. Se estima que cada año 800 millones de personas sufren de la malaria.



Foto G. Torpier y OMS

Fotografía tomada con microscopio electrónico del parásito causante de la esquistosomiasis o bilharziosis (arriba) e imagen del mosquito anofeles que transmite el paludismo (a la derecha).



Ciclo evolutivo del esquistosoma, el gusano parásito causante de la esquistosomiasis (o bilharziosis), enfermedad que recibe también el nombre de "fiebre del caracol".

1. La larva sale del molusco.
2. Vuelve al agua.
3. Penetra en el hombre por la piel.
4. Las larvas de los tremátodos maduran en los vasos sanguíneos de los pulmones.
5. Los gusanos adultos se instalan en torno del intestino delgado.
6. Los huevos que ponen los gusanos adultos atraviesan los tejidos y pasan al intestino, de donde son expulsados con los excrementos.
7. Cuando llegan al agua, los huevos se abren inmediatamente.
8. La larva va a penetrar en un gasterópodo de una especie particular.

Dibujo adaptado por Earthscan de *Rockefeller illustrated*, vol.

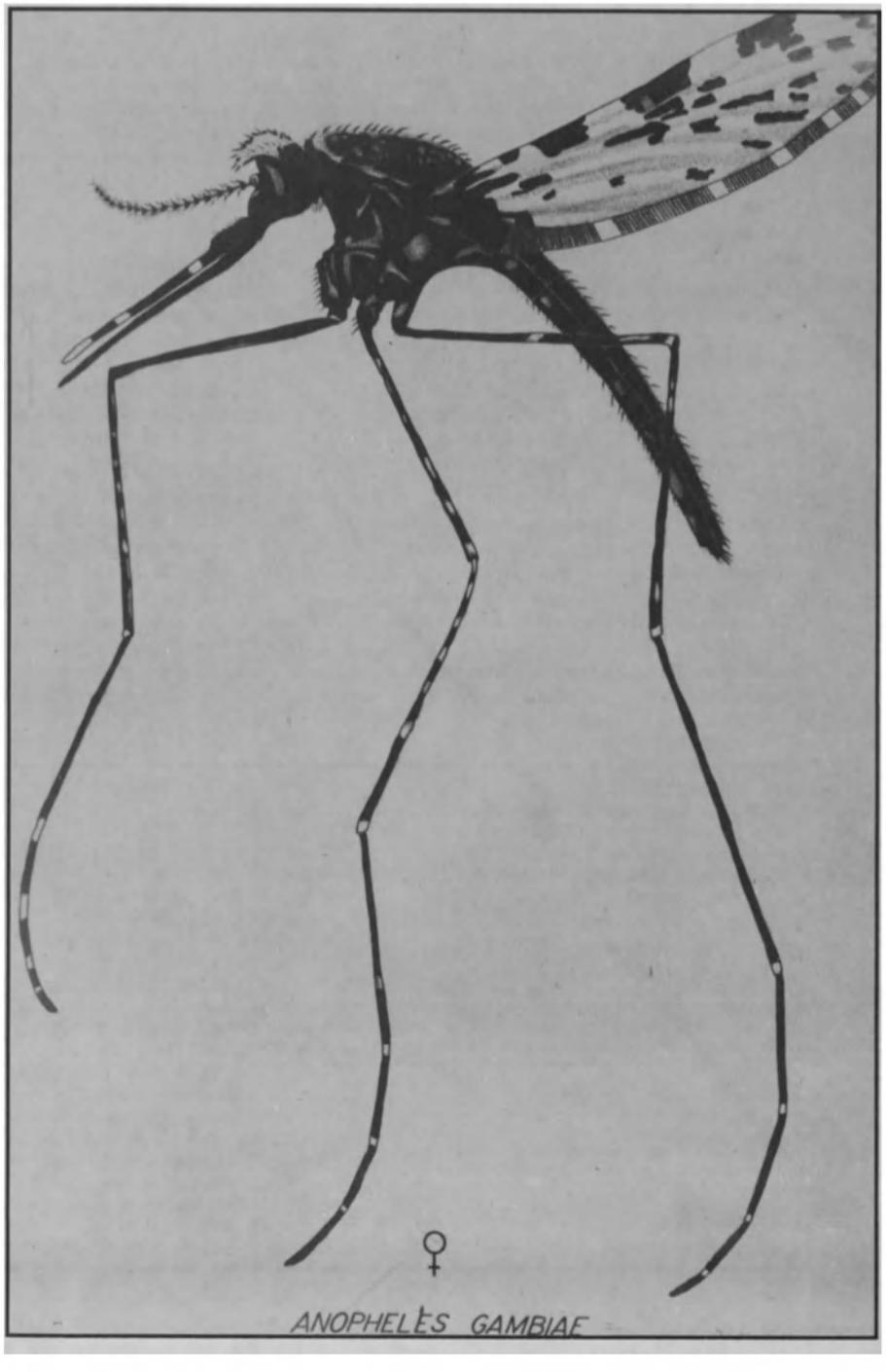


Foto OMS

Viene de la pág. 32

ción de la comunidad y el impulso de los dirigentes locales.

Algo se había hecho ya para destruir los caracoles en Dongfeng durante los primeros tiempos de la campaña anticaracol de los años 50 y 60. Como muchos otros dirigentes locales, Yang Zoji, un técnico agrícola, había sufrido también de la fiebre del caracol. Ahora cuenta que en los primeros días de la campaña se empleaban botes para buscar caracoles en las riberas de los ríos. Los caracoles así atrapados eran destruidos sumergiéndolos en agua hirviendo en el mismo bote. Era éste un proceso lento y laborioso debido a las innumerables pequeñas corrientes de agua que existen en la región.

La eliminación podría haberse conseguido empleando productos químicos tóxicos, pero éstos eran demasiado caros. Yang calcula que una tonelada de esos productos importados costaban el equivalente de cuatro toneladas de arroz.

A comienzos de 1970 los métodos cambiaron. Un verdadero "ejército" de avispados niños campesinos, armados sólo con un folleto descriptivo de los caracoles, exploraban los canales de riego y las acequias de drenaje en busca de las especies que causaban la esquistosomiasis.

En el espacio de dos meses las gentes de Dongfeng excavaron nuevas acequias y emplearon tierra nueva para tapar las viejas (18 kilómetros en total), exterminando los caracoles por el método simple de enterrarlos. "No se requería ninguna técnica complicada y sólo fue necesario nuestro esfuerzo físico, puesto que luchábamos con nuestras palas y nuestros rastrillos", subraya Yang.

Hubo que construir nuevos canales y acequias, más rectos y profundos que los antiguos, para impedir que los campos se cubrieran de agua (ambiente favorable para el caracol). Pero esto implicaba cambiar los linderos de los campos. Muchos miembros de la brigada se opusieron inicialmente al proyecto pensando que sólo sería trabajo perdido.

Yang recuerda que un anciano se quejaba porque una acequia nueva, que corría junto a las tumbas de sus antepasados, afectaba la dirección del viento y alteraba el curso del agua. Creía que esto había traído mala suerte a la familia y había ocasionado la enfermedad de su nieto. Su trató al niño y lo curó con medicamentos, y ello contribuyó a que la gente aceptara los cambios.



Foto Nik Wheeler, UNICEF

Gracias al UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia), que la ha instalado, estos campesinos tailandeses pueden disfrutar de esta fuente que les proporciona el agua bienhechora necesaria para las más diversas funciones de su existencia.

Dongfeng usaba el brazo este-oeste del río para transportar mercaderías a Wuxi. Wang sugirió la construcción de un nuevo canal norte-sur que reduciría a la mitad el viaje de tres horas y media y contribuiría a limpiar el río de caracoles. Los habitantes de Dongfeng ayudaron, trabajando a menudo de noche y con luz de gas.

El tercer punto del programa de la campaña —suministro de agua y servicios higiénicos— fue quizás el más difícil. Los campesinos habían utilizado siempre el agua contaminada del río como si fuera potable. Se estableció la estricta prohibición de lavar los cubos de las letrinas en el río y de sacar del mismo agua para beber. La brigada excavó varios pozos públicos y se pidió a cada familia que perforara uno propio poco profundo.

Dos días tardaba un matrimonio en cavar un pozo de tres metros y en revestirlo de ladrillos. Se necesitaban 300 ladrillos y 50 kilos de cemento y arena; la brigada les suministraba la mitad del material.

Lu Wenying, el encargado de la salud, distribuye productos químicos a cada familia para purificar el agua. Se sumerge en ésta un tubo de plástico con dos orificios lleno de blanqueador sólido (hipoclorito de sodio). Esto permite que el agua entre lentamente y que se desprenda cloro. Se trata de un método de purificación mucho más seguro que la inmersión de polvos químicos a que se recurría antes.

Se introdujo el empleo de un foso especial de tres cámaras para evacuar las defecaciones. Los excrementos fermentan en la primera cámara durante quince días, tiempo en el cual el 90% de los huevos de esquistosoma se depositan en el fondo. La mezcla fermentada entra después en la segunda cámara, donde se repite el proceso. Una vez llena ésta, la materia fluye hacia la última cámara de donde se la extrae. El producto final es un fertilizante de buena calidad, con alto contenido de nitrógeno y sin un solo huevo de esquistosoma.

La fiebre del caracol ha quedado eliminada en Dongfeng. Pero las medidas preventivas continúan. Se procede a la búsqueda de caracoles en verano y en otoño, épocas en las cuales se muestran activos. Actualmente se premia con una recompensa de 20 yuan (40 dólares) al que encuentre un caracol. (En cambio, en la época de trabajo más intenso no se ofrecían incentivos económicos).

El perfeccionamiento del suministro de agua y de los sistemas de evacuación de defecaciones ha contribuido asimismo a mejorar la salud. La extensión del riego ha incrementado la producción de hortalizas y otros productos agrícolas. Los ingresos de los campesinos han aumentado.

El esfuerzo común y la asistencia gubernamental han ayudado a Dongfeng a erradicar la nefasta lombriz. Lu Wenying resume el éxito de la campaña de Dongfeng con un viejo proberbio chino: "Dos palillos se quiebran fácilmente, pero no un manojo". □

ZHANG BIHUA *es un periodista chino que trabaja en* China Features, *Pekín.*

Este artículo se basa en un estudio más amplio publicado en Who puts the Water in the Taps, *libro publicado por Earthscan, Londres.*

Tarifas de suscripción:
1 año: 68 francos (España: 1.650 pesetas). 2 años (únicamente en Francia): 120 francos. Tapas para 12 números (1 año): 52 francos.
Reproducción en microfilm: (1 año) 150 francos

Redacción y distribución:
Unesco, place de Fontenoy, 75700 París

Los artículos y fotografías que no llevan el signo © (copyright) pueden reproducirse siempre que se haga constar "De EL CORREO DE LA UNESCO", el número del que han sido tomados y el nombre del autor. Deberán enviarse a EL CORREO tres ejemplares de la revista o periódico que los publique. Las fotografías reproducibles serán facilitadas por la Redacción a quien las solicite por escrito. Los artículos firmados no expresan forzosamente la opinión de la Unesco ni de la Redacción de la revista. En cambio, los títulos y los pies de fotos son de la incumbencia exclusiva de ésta. Por último, los límites que figuran en los mapas que se publican ocasionalmente no entrañan reconocimiento oficial alguno por parte de las Naciones Unidas ni de la Unesco.

Subjefe de redacción :
Olga Rödel

Secretaria de redacción :
Gillian Whitcomb

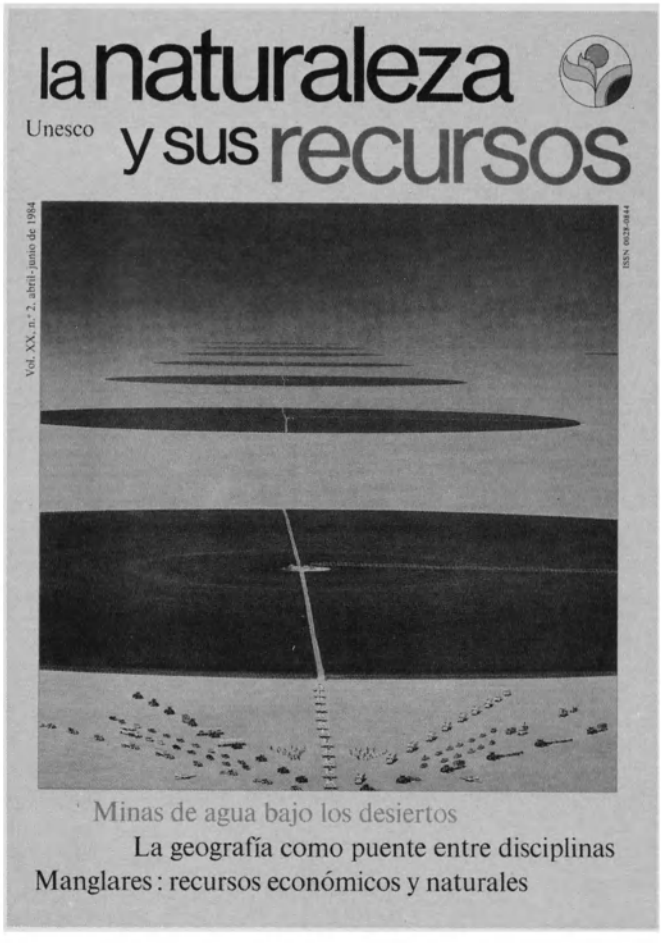
Redactores principales :
Español : Francisco Fernández-Santos (París)
Francés : Alain Lévêque (París)
Inglés : Howard Brabyn (París)
Ruso : Nikolai Kuznetsov (París)
Arabe : Sayed Osman (París)
Alemán : Werner Merkli (Berna)
Japonés : Seiichiro Kojimo (Tokio)
Italiano : Mario Guidotti (Roma)
Hindi : Rajmani Tiwari (Delhi)
Tamul : M. Mohammed Mustafa (Madrás)
Hebreo : Alexander Broïdo (Tel-Aviv)
Persa : Hossein Razmdyu (Teherán)
Portugués : Benedicto Silva (Río de Janeiro)
Neerlandés : Paul Morren (Amberes)
Turco : Mefra Ilgazer (Estambul)
Urdu : Hakim Mohammed Said (Karachi)
Catalán : Joan Carreras i Martí (Barcelona)
Malayo : Azizah Hamzah (Kuala Lumpur)
Coreano : Paik Syeung-Gil (Seúl)
Swahili : Domino Rutayebesibwa (Dar es-Salam)
Croata-servio, esloveno, macedonio y servio-croata : Vitomir Sudarski (Belgrado)
Chino : Shen Guofen (Pekín)
Búlgaro : Goran Gotev (Sofía)
Griego: Nicolas Papageorgiu (Atenas)
Cingalés: S.J. Sumanasckara Banda (Colombo)
Finés: Marjatta Oksanen (Helsinki)
Braille : Frederick H. Potter (París)

Redactores adjuntos :
Español : Jorge Enrique Adoum
Francés : Neda el Khazen
Inglés : Roy Malkin

Documentación : Christiane Boucher
Ilustración : Ariane Bailey
Composición gráfica : Georges Servat
Promoción y difusión : Fernando Ainsa
Proyectos especiales: Peggy Julien

La correspondencia debe dirigirse al director de la revista.

BRODARD GRAPHIQUE. COULOMMIERS - Dépôt légal C 1 - Janvier 1985 - IMPRIMÉ EN FRANCE (Printed in France).
PHOTOCOMPOSITION-PHOTOGRAVURE CHRISTIAN PAGNOUD - 6/8, rue des Edinettes - 75017 PARIS.



La naturaleza y sus recursos es una revista trimestral de la Unesco en la que se estudia de manera minuciosa y especializada las nuevas tendencias en materia de investigación, conservación y gestión de los recursos naturales, con particular referencia a los programas de la Organización en relación con el medio ambiente y sus problemas, como son el Programa del Hombre y la Biosfera, el Programa Hidrológico Internacional y el Programa Internacional de Correlación Geológica. Cada número lleva una bibliografía anotada de obras recientes aparecidas en distintos países.

El último número aparecido en español —Vol.XX, n° 2, abril-junio de 1984— trata en particular de los problemas del agua en las regiones desérticas.

La revista se publica también en francés e inglés.

Para suscribirse o comprar números sueltos hay que dirigirse a los agentes de venta de la Unesco, tal como se indican en esta misma página.

Un ejemplar: 14 francos franceses
Suscripción anual: 44 francos franceses

Para renovar su suscripción

y pedir otras publicaciones de la Unesco

Pueden pedirse las publicaciones de la Unesco en las librerías o directamente al agente general de la Organización. Los nombres de los agentes que no figuren en esta lista se comunicarán al que los pida por escrito. Los pagos pueden efectuarse en la moneda de cada país.

Correo Argentino	CENTRAL (B)	TARIFA REDUCIDA CONCESION No. 274
		FRANQUEO PAGADO CONCESION N° 4074

ANGOLA. (República Popular de) Casa Progresso/Secçao Angola Media, Calçada de Gregorio Ferreira 30, c.p. 10510, Luanda BG, Luanda.

ARGENTINA. Librería El Correo de la Unesco, EDILYR S.R.L., Tucumán 1685 (P.B."A") 1050 Buenos Aires.

BOLIVIA. Los Amigos del Libro, casilla postal 4415, La Paz ; Avenida de las Heroínas 3712, casilla postal 450, Cochabamba.

BRASIL. Fundaçao Getúlio Vargas, Editora-Divisao de Vendas, caixa postal 9.052-ZC-02, Praia de Botafogo 188, Rio de Janeiro, R.J. (CEP. 20000). Livros e Revistas Técnicos Ltda., Av. Brigadeiro Faria Lima, 1709 - 6° andar, Sao Paulo, y sucursales : Rio de Janeiro, Porto Alegre, Curitiba, Belo Horizonte, Recife.

COLOMBIA. Instituto Colombiano de Cultura, carrera 3ª, n° 18/24, Bogotá.

COSTA RICA. Librería Cooperativa Universitaria, Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio", San José; Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, Edificio Metropolitano 7° piso, apartado 10227, San José.

CUBA. Ediciones Cubanas, O'Reilly n° 407, La Habana. Para *El Correo de la Unesco* solamente: Empresa COPREFIL, Dragones n° 456, e/Lealtad y Campanario, Habana 2.

CHILE. Editorial Universitaria S.A., Departamento de Importaciones, casilla 10220, Santiago. Librería La Biblioteca, Alejandro I,867, casilla 5602, Santiago 2.

REPUBLICA DOMINICANA. Librería Blasco, Avenida Bolívar, no. 402, esq. Hermanos Deligne, Santo Domingo.

ECUADOR. Revistas solamente : DINACOUR Cía. Ltda., Santa Prisca n° 296 y Pasaje San Luis, Oficina 101-102, Casilla 112b, Quito; libros solamente: Librería Pomaire, Amazonas 863, Quito; todas las publicaciones : Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, casilla de correos 3542, Guayaquil.

ESPAÑA. MUNDI-PRENSA LIBROS S.A., Castelló 37, Madrid 1 ; Ediciones LIBER, Apartado 17, Magdalena 8, Ondárroa (Vizcaya) ; DONAIRE, Ronda de Outeiro 20, apartado de correos 341, La Coruña ; Librería ALANDALUS, Roldana 1 y 3, Sevilla 4 ; Librería CASTELLS, Ronda Universidad 13, Barcelona 7.

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. Unipub, 205, East 42nd Street New York, N. Y. 10017. Para *El Correo de la Unesco* : Santillana Publishing Company Inc., 575 Lexington Avenue, Nueva York, N.Y. 10022. Para libros y periódicos : Box 433, Murray Hill Station New York, N. Y. 10157.

FILIPINAS. The Modern Book Co., 926 Rizal Avenue, P.O. Box 632, Manila, D-404.

FRANCIA. Librairie de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 París (C.C.P. París 12.598-48).

GUATEMALA. Comisión Guatemalteca de Cooperación con la Unesco, 3ª Avenida 13-30, Zona 1, apartado postal 244, Guatemala.

HONDURAS. Librería Navarro, 2ª Avenida n° 201, Comayaguela, Tegucigalpa.

MARRUECOS. Librairie "Aux Belles Images", 281, avenue Mohammed V, Rabat ; *El Correo de la Unesco* para el personal docente : Comisión Marroquí para la Unesco, 19, rue Oqba, B.P. 420, Rabat (C.C.P. 324-45).

MEXICO. Librería El Correo de la Unesco, Actipán 66, Colonia del Valle, México 12, D.F.

MOZAMBIQUE. Instituto Nacional do Livro e do Disco (INLD), Avenida 24 de Julho, 1921, r/c e 1° andar, Maputo.

NICARAGUA. Librería Cultural Nicaragüense, calle 15 de septiembre y avenida Bolívar, Apartado 807, Managua; Librería de la Universidad Centroamericana, apartado 69, Managua.

PANAMA. Distribuidora Cultura Internacional, apartado 7571, Zona 5, Panamá.

PARAGUAY. Agencia de Diarios y Revistas, Sra. Nelly de García Astillero, Pte. Franco 580, Asunción.

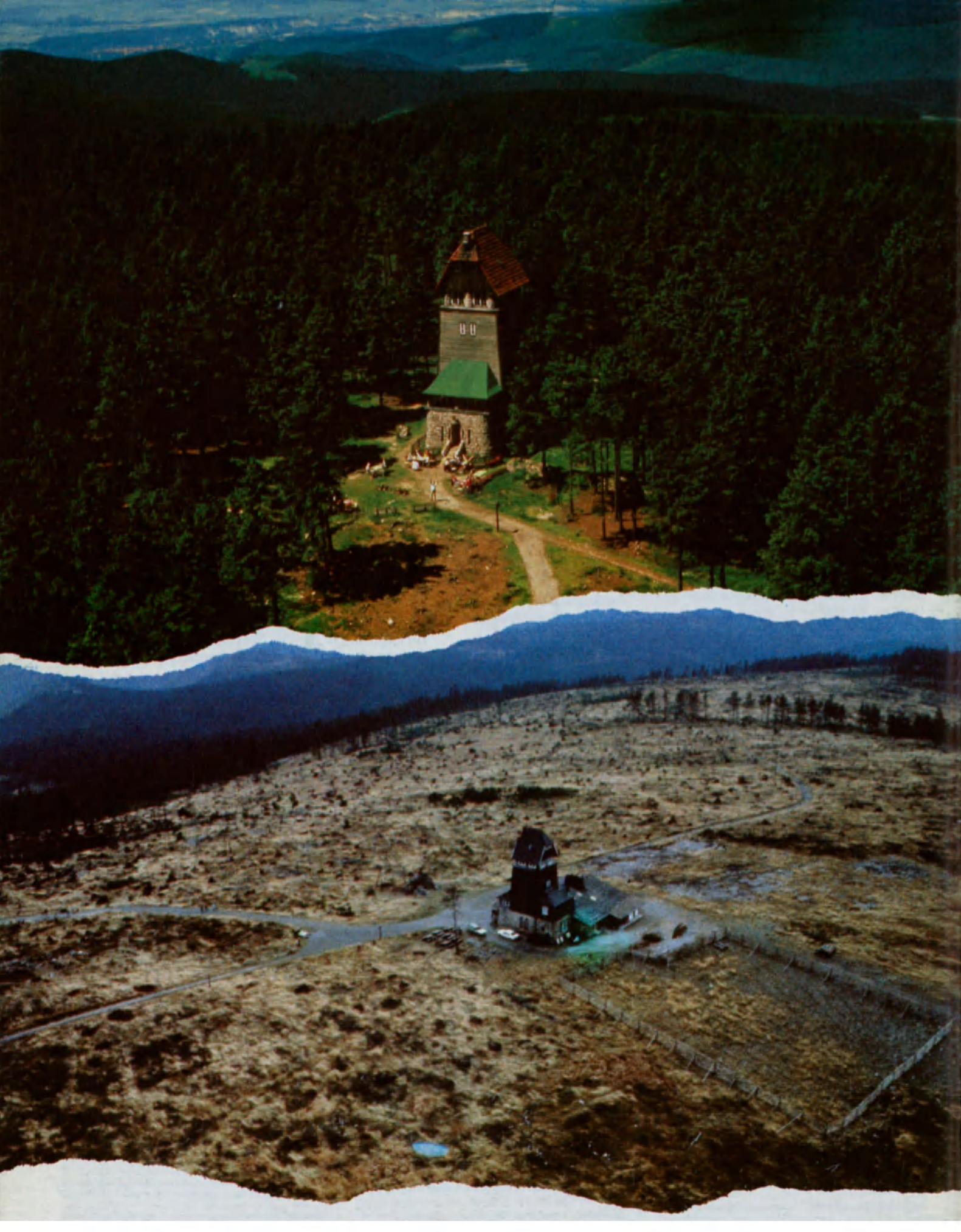
PERU. Librería Studium, Plaza Francia 1164, apartado 2139, Lima.

PORTUGAL. Dias & Andrade Ltda., Livraria Portugal, rua do Carmo 70-74, Lisboa 1117 Codex.

PUERTO RICO. Librería Alma Mater, Cabrera 867, Río Piedras, Puerto Rico 00925.

URUGUAY. EDILYR Uruguaya, S.A., Maldonado 1092, Montevideo.

VENEZUELA. Librería del Este, Av. Francisco de Miranda 52, Edificio Galipán, apartado 60337, Caracas 1060-A ; La Muralla Distribuciones, S.A., 4a. Avenida entre 3a. y 4a. transversal, "Quinta Irenalis" Los Palos Grandes, Caracas 106.



La lluvia ácida

El ácido que cae con la lluvia y otras precipitaciones afecta actualmente al entorno natural de algunas regiones de Europa y de América del Norte. Prueba de ello son estas dos fotografías de Hanshuhnenburg, en Baja Sajonia (República Federal de Alemania), tomadas con once años de intervalo: la de arriba en 1972 y la de abajo en 1983. (Véase el artículo de la pág. 21).

Foto © Stern, Hamburgo